

# 日本結晶 学会誌



巻頭言

定永両一..... 1

〔総合報告〕

高分子物質のX線解析における最近の進歩

角戸正夫..... 2  
仁田勇

トピックス〕

金属の相転移によって生ずる格子欠陥の電子顕微鏡像

西山善次.....12  
清水謙一

電子のエネルギー分析

渡辺宏.....18

2

日本結晶学会

1961 July., VOL. 3

〔談話室〕

ケンブリッジの記	橋本初次郎.....23
Cowley 研究室の思い出	桑原茂也.....25
関西の印象	G.W. Brindley.....28

〔新製品紹介〕

X線マイクロアナライザ (日本電子KK)	.....30
----------------------	---------

〔新刊書〕

Röntgenographische Chemie	仁田 勇.....32
X-ray Spectrochemical Analysis	長崎 誠三.....33
X-ray Absorption and Emission in Analytical Chemistry	長崎 誠三.....33
X線結晶学 (上・下)	中平 光興.....34
ニュース	.....35
会 報	.....38

## われわれの当面する困難

定 永 岡 一\*

科学の最近の急速な進歩の結果、研究・教育に対する科学者の負担が大いに増大している。他方、科学者の数も増加しつつあることも事実であり、これを結晶学の分野について考えてみても、I. U. Cr. の3年毎の国際会議への出席者が回を追って急激に増加していることでも明かである。しかしながら、われわれの周囲を見回すとき、研究・教育に対するわれわれの負担の最近の急増が、われわれの仲間の数の増加をはるかに上回りつつあるのが現状である。この結果、種々の困難な問題が起ってきているが、ここにわれわれが特に身近かに感ずる実際問題の中の二つについて考えてみよう。

その第一は、研究・教育の規模の拡充に伴う諸雑務の増加である。上に研究・教育に対する負担といったが、元来われわれが研究・教育を職業とするものである以上、その道の栄えることによる負担の、少くとも一時的な増大は覚悟すべきであろうし、また関連する雑務の増加もやむをえないであろう。しかし要は程度の問題である。事實は、科学者の中で、研究どころではなく、教育の他は雑用のみにほとんどの時間を費さねばならぬ状態に迫込まれている人口が増加の一途をたどっているのである。何々委員会、それも常置的な性格をもったものの数が、増加への非可逆的過程をたどっている。その上、結晶学は中間領域の学問であるから、それに携わるものの中には上の傾向に悩まされるものが一層多いと考えられる。ここに雑用と称することどもも実は学問の重要な一環であるともいえるかもしれないが、さりとてそれらに追回されることを可とする人もないことは確かであろう。

第二は、雑用といったのけるには余りにも学問の本質に深くつながった事柄である。それは研究の結果えられた成果を、われわれおよび後世の人々が充分に利用しようよう整理集録する事業である。殊に無数とも称しうる種類の物質の物理性・化学性などについてえられているデータの整理集録は、われわれが当面する重大な課題であり、現状のままでは、これらのデータはその種類がますます増えてゆく発表誌のあれこれに広く分散してしまっていて、必要とするものがどこにどんな形で存在するか見当もつかないようなことになってしまうであろう。科学が、人々がより幸福な生活を営みうるための素材となりうるような知識を、われわれの後世に対する遺産として、残すことをその目的としている以上、上の事態に目をつぶることは許さるべきでない。

われわれが当面している以上の困難な事態に対しては、その解決策は只一つしかないように思われる。すなわち、組織化された集団の努力に期待する外はなかろう。特定の個人の犠牲的奉仕にすべてをゆだねるには、事態はすでにその限度を超えている。学問行政の衝にある人々は勿論であるが、われわれ科学者一般が、今やわれわれの仕事の合理化について深く意を払うべきであると確信する。

\* 東京大学理学部



## 〔綜合報告〕

## 高分子物質の X 線解析における最近の進歩

角 戸 正 夫<sup>\*</sup>, 仁 田 勇<sup>\*\*</sup>

## 1. 高分子の構造の特殊性について

高分子物質に対する X 線解析の歴史は決して新しいものではない。1912 年結晶による X 線の回折現象の発見の翌年には既に故西川博士らにより絹やセルロースなど天然高分子の結晶性回折像が見出されているのである。今日では化学の一般的な進歩に伴い、特に合成繊維を主とする合成高分子物質の物理的ないし機械的性質を構造の上から研究するという立場において、X 線解析の果たす役割は一層大きいものとなって来た。高分子の構造が如何に解析され、そして構造がその物質のもつ一般的な物性と如何に関連しているかなどについて最近にも多数の綜合報告<sup>1) 2) 3)</sup> が出されている。

高分子物質の構造を一般化合物の構造と特に分離して考えることは結晶学的には大した意味もないかも知れない。しかし実際にはその結晶出現の様子や回折像の出かたにおいて明らかに特徴をもっていることなどから、一つの特殊な分野として独特の発展をなし、広範囲におよぶ重要性が認められている。ここに高分子構造解析の問題点を検討する前にまづその構造の特殊性を列挙してみよう。

(1) 高分子は完全な単結晶を作ることは少なく、一般には結晶部分と非晶部分およびそれらに連なる中間構造よりなっている。

(2) 繊維高分子においては、その分子が単位格子を貫いているので少なくとも 1 軸の方向では隣格子の原子とは化学結合によって連結し、単位格子は独立したものではない。

(3) 繊維高分子は分子鎖自身に全等周期性がなければ、一般に完全結晶を作らない。

(4) 合成高分子は重合度の異なるものが混在し、分子の大きさが一定していないので、一般分子の場合と結晶化の条件が異なっている。

(5) 結晶の部分だけでなく、非晶質の部分も、また連続的に移行する中間構造の部分においても、すべて分子鎖の方向に連なる化学結合のため原子位置の自由度が束縛されている。

高分子の X 線回折像の解釈においては常に上記の特殊性を考慮しなければならない。

第 1 図に高分子構造の“次位的”分類を示す<sup>4)</sup>。

## 2. 高分子の結晶解析における最近の進歩

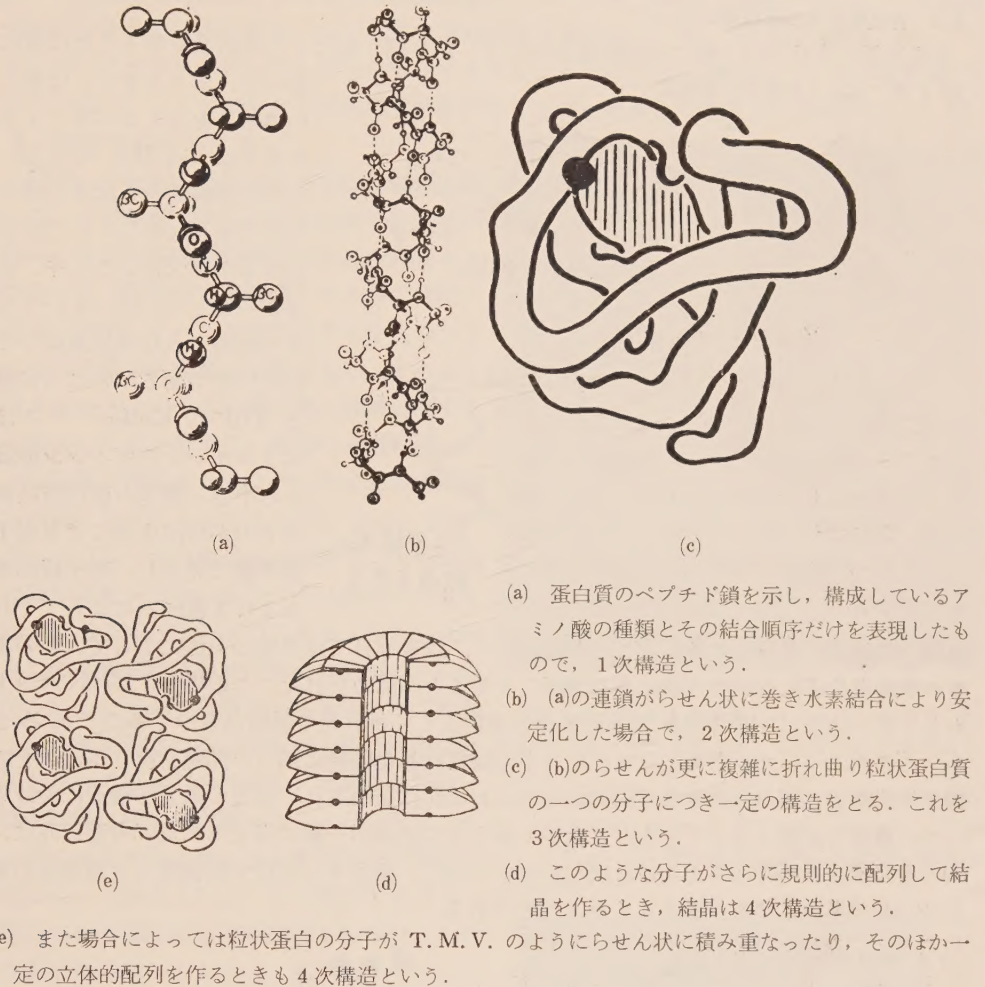
## 2・1 同型置換法によるミオグロビン、ヘモグロビンの構造解析

粒状蛋白質が巨大な分子にもかかわらず完全な単結晶をつくることは古くから知られていたところであり、構造研究者にとってその解析は最高の目標であったかも知れない。ヘモグ

\* 大阪大学蛋白質研究所

\*\* 関西学院大学理学部

第1図 繊維状高分子の高次構造の例



ロビン、ミオグロビンというまでもなく代表的な粒状蛋白質として、また生物の生理機能上にも重要な物質として、その全立体的構造の解析が早くから Bragg<sup>4)</sup> らによって開始されていた。ヘモグロビン構造解析の過去十数年の過程は、ある意味においてはX線結晶学そのものの理論的、技術的進歩の歴史をそのまま示しているといっても過言ではないかも知れない。その初期におけるパターンソ法の解析から重原子法、同型置換法へ、さらにこれに関連して重原子の位置決定についての相関関数<sup>6)</sup>の応用、そしてこれに伴う振巾の位相決定や蛋白質結晶における最初の3次元フェリー合成など、莫大な計算が電子計算機によって遂行された。つい数年前にはまだ遠い先のことと思われていたこの複雑な蛋白質の精密解析がかくも早く成功の可能性を見せたことは筆者らも深く感激したところである。これについては既に詳しい解説<sup>7) 8)</sup>や綜報<sup>9) 10)</sup>も出ているので、こ

第2図 ミオグロビンの分子模型



3次元フーリエ解析により組立てた分子模型で太い綱のようなものがペプチド鎖のらせん体を、また黒い大きな円板は鉄ポルフィリン核を示している。

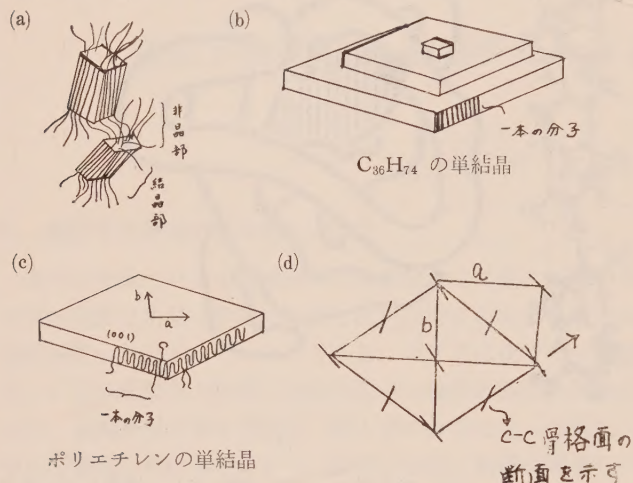


ここでは省略し、Kendrew らが発表したミオグロビン分子の構造を第2図にあげておく。

## 2.2 合成高分子の単結晶について

合成直鎖状高分子は一般には単結晶を作らず、第3図、(a)のような結晶を作ることは前に

第3図 高分子の種々の単結晶

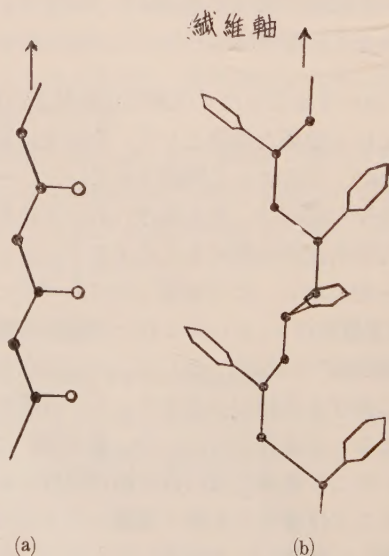


述べた。ポリエチレンは美しい単結晶をつくるパラフィン、たとえば  $C_{85}H_{74}$ 、などと、その化学構造からは全く同じものでありながら、ただ分子がはるかに大きいことや、長さが一定していないというだけで(b)のような単結晶はつくれないのである。ところが最近 Till<sup>11)</sup>, Keller<sup>12) 13)</sup> らはポリエチレンのキシレン溶液から小さい菱型の板状結晶様のものが析出することを電子顕微鏡で発見し、電子線回折およびX線回折によってそれ

がほぼ単結晶に近いものであることを確認した。以来今日では同様の方法によって、他の多数の繊維高分子についても単結晶を生成しうることが認められた。この場合、 $10,000\text{\AA}$  以上もある長い分子がなぜ  $100\text{\AA}$  内外の長さで規則正しく折れ曲り単結晶をつくるのであろうか。この点について従来考えられた高分子の凝集結晶化機構に新しい問題を投げかけ、その結晶学的構造と熱力学的考察の両面から今なお活発に議論され、最近の高分子構造における一つの重要な話題となっている。とにかく高分子の結晶が一般に考えられた(a)の型以外に、(c)の型の構造を同時に考えなければならないために、高分子の塑性や粘弾性など諸物性の構造モデルが単純には取り扱えなくなったのである。

## 2.3 直鎖高分子のらせん構造の解析

蛋白質の  $\alpha$ -Helix や合成高分子のらせん状分子の構造モデルとして、連続らせん体、散乱点のらせん状配列<sup>14)</sup>、二重らせん<sup>15)</sup>などの構造因子の計算が行なわれたことはよく知られている。最近合成高分子において isotactic に側鎖をもつ重合体が多数作られ、しかもこれらは側鎖の立体障害などにより分子の骨格がらせん状になり、同時に結晶性が非常によくなることわかってきた(第4図)。



第4図 isotactic 高分子の分子構造

(a)は炭素のジグザグ骨格において、その一側にもみ側鎖をもつもの(isotactic)を示し(b)はその一例としてポリスチレンの分子構造が3回らせん対称となることを示した。

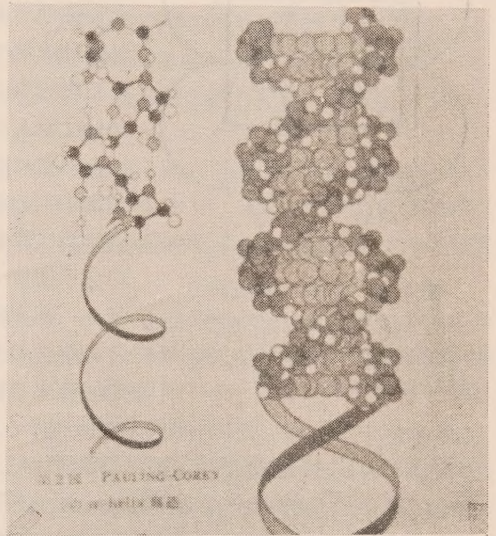
これらに属する合成高分子およびその構造解析については Natta の綜報<sup>16)</sup>があり、立体規則性高分子として田所氏ら<sup>17)</sup>によっても詳細にまとめられている。また最近同氏らによってポリメタメチルスチレン<sup>18)</sup>、ポリメチレンオキサイド<sup>19)</sup>のらせん構造についての研究報告がなされた。ここではらせん状高分子の複雑なものの一例として最近ある程度成功した DNA の解析を紹介しておく。

DNA は生物の発生および遺伝の過程において、その生物のあらゆる蛋白質を合成する際に、それら各種蛋白製造のための鋳型ともいべき RNA (リボ核酸) のさらに鋳型となるもので、すべての遺伝の命令をその分子の中に内蔵する重要な物質である。その分子はリボースという五員環の糖と磷酸とが交互に結合した長い分子で、各種の一端には一つづつ塩基が側鎖としてつき全体の骨格は塩基を内側に抱き込んだらせん状となる。(第5図)。そしてこれら塩基は4種類で、その配列の順序は整一でないから分子は厳密には完全な単結晶は作らないはずである。しかしながらこの4種の塩基の散乱振巾の差が小さいので、もしらせんの周期さえ完全であれば実際上はらせん周期のみに対応する疑似的単位格子をとってもさしつかえないと考えられる。研究試料は仔牛の胸腺からとったもので、ゲル状のものを引き伸し分子を配向させ繊維写真によって解析された。この報告<sup>20)</sup>のうち、特にらせん構造因子の応用例としての二・三の要点を抄録しておく。

回折像は第6図のように高分子の繊維写真としてはかなり結晶性がよいようにみえるが、実際にはここに見えている像は逆格子で約  $3 \text{ \AA}^{-1}$  までで、その外はぼやけてしまう。吸水量66%の DNA の Li 塩の単位格子を第7図に示す。らせん周期は  $33.8 \text{ \AA}$  で、空間群は  $P 2_1 2_1 2_1$  である。今1本のらせん状分子の構造因子を  $f_m$  とすると、これが2本逆向きに組合った2重のらせんが単位格子に2本存在することになるので、これから格子構造因子  $F$  を計算し回折強度を求めると、

$$F^2_{(hkl)} = 2f_m^2 \left\{ 1 + \cos 2\pi \left( \frac{h+k}{2} + ld \right) \right\}$$

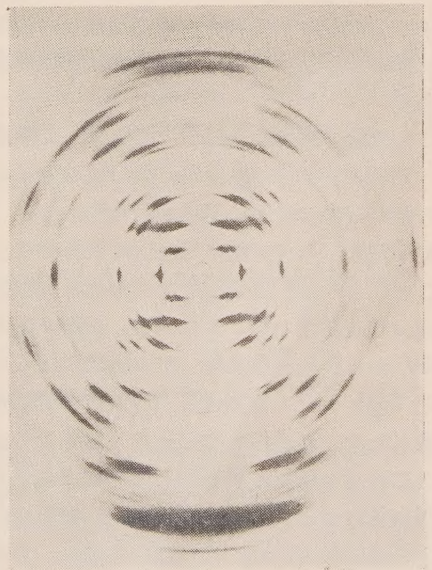
……(1)



第5図 核酸 (DNA) の分子構造

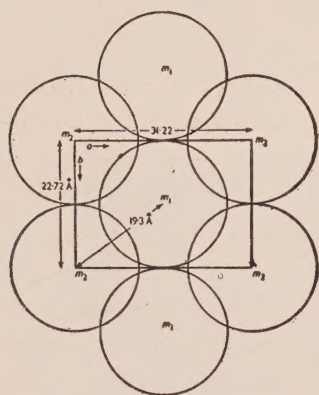
(a)は1本のらせん状骨格のみを示したもので、五角形のリボースと  $\text{PO}_4$  イオンが交互につながっている。

(b)はこのらせん2本が上下逆方向に組合ったもので、リボースに結合したグアニン、シトシン、チミン、アデニンの4種の塩基をらせんの内側に巻き込んでいる。



第6図 DNA-Li 塩のX線回折像





第7図 DNAの単位格子

$m_1$ ,  $m_2$  の円は共に第5図, (b)の2重らせんの位置を示し,  $m_1$  と  $m_2$  その解析の手順としては以上のとおりであるが, 単位格子はC方向に $\frac{1}{8}$ ずれている。

を得る。 $d$ は第7図のらせん1と2のc軸方向のずれである。ここでもしこのずれ $d$ が $\frac{1}{8}$ であると,  $l=3n$ ,  $(h+k)$ が奇数の時  $F^2$  は0となり, また  $l \neq 3n$  では  $(h+k)$  奇数の時  $F^2=3f_m^2$ , 偶数の時  $f_m^2$  となる。これは一種の特殊な消滅則であるが, 偶然にも実際に層線上の回折強度から  $d$  はほぼ $\frac{1}{8}$ であることがきめられた。赤道線と  $3n$  層線以外の層線像には横に streak が見られる。これは  $a$  面内で平行に並んだらせんが  $a/2$  周期で  $a$  軸方向に重なる時,  $c$  方向のずれに  $+\frac{1}{8}$  と  $-\frac{1}{8}$  の random stacking による不整があるものとして解釈される。次にらせん分子の内部の構造解析に移る。それにはまづ立体化学的知識から矛盾のない分子構造モデルの数種につき, らせん構造因子  $f_m$  を計算し, 実測強度との比較によって最良の構造を推定する。

中に存する独立の原子数は30以上もあり,  $f_m$  は10回らせん対称をもつから, 実際には格子中におけるらせんの分子軸の回転による配向 ( $0^\circ \sim 18^\circ$ ) を決定することなど複雑な計算が行なわれた。また計算に用いられた  $f_{at}$  は  $3\text{\AA}^{-1}$  以内の回折像に対しては含有水による散乱能の減少を考慮して平均の水の電子密度の中に存在する原子としての“みかけの散乱因子”が用いられた。なおこの解析において吸着水が回折像におよぼす影響から格子中における水の構造をも検討している点も, 蛋白質や生体高分子における構造解析の一つの重要な問題として興味がある。現在のところ解析精度としては約  $3\text{\AA}$  にすぎないが, 非常に複雑な繊維状高分子に試みられた精密解析の一つの成果として高く評価したいと思う。

## 2.4 高次構造の解析

タバコモザイクウイルス (TMV) は第1図に示したように分子量約17,000の粒状蛋白質分子が単位となつてらせん状に配列し, 全体として細長い管状で, その内部の空洞にリボ核酸が存在するだけのいたって簡単な管状構造として既に電子顕微鏡によって認められたものである。

この管状の個体は多数平行に集まって繊維状ゲル体を作るので, X線回折は繊維像を与える。TMV 管状体は軸方向に蛋白質の分子を単位とするらせん周期をもつので, その赤道方向の散乱振巾は0次の Bessel 関数となる。Kasper<sup>21)</sup> や R. F. Franklin<sup>22) 23)</sup> はこの TMV の電子密度がらせん軸に対し円筒対称的であるとして, その赤道方向の散乱振巾を逆変換することにより動径電子密度分布曲線を算出した。この場合, 振巾の符号の推定は散乱強度曲線の山の周期性から, また一方, 水銀や鉛原子による同型置換法からもなされた。次に生の TMV から核酸を抜き取って一度ばらばらの蛋白質分子だけにしたものを, 更に再結合して元の TMV と全く同形の蛋白質だけの管状体に再生したものについて同様に電子密度分布を計算した。この密度分布と元の TMV のものとの差から核酸の存在している位置が第8図のように決定された。現在のところ観測された回折像は  $0.07\text{\AA}^{-1}$  ままで, このらせんの単位たる蛋白質分子そのものの微細構造が解析されるまでにはいたっていない。これはらせんを構成する分子個々に同一性がないためか, らせんの配列の不整によるものかはわからない。しかしこの程度の高次の構造が電子顕微鏡と相補的に解析されたという意味ではコラーゲンと



ともに特筆すべき一例であろう。

### 3. X線小角散乱による高分子微細組織の解析について

X線小角散乱はいうまでもなく物質中の密度の不連続領域の存在によって生ずるもので高分子において結晶部分の大きさや形状あるいはその分布状態など微細組織の研究に有力な知識を与えることができる。最近十数年にわたりその理論や応用が急速に発展したもので、これらについては筆者らもその紹介<sup>24) 25)</sup>、解説<sup>26)</sup>、実験例<sup>27)</sup>などで若干の発表を行った。ここでは一般的な説明は省略し、最近の報告の中からその進歩と問題点を拾い上げてみよう。

#### 3.1 最近の研究例

この方面で最近特に目立った進歩というほどのものはないが、高分子の微細組織の応用について系統的にまとめられた総合報告が多数発表されている<sup>28) 29)</sup>。Hermans<sup>30)</sup>らは繊維内部のマイクロフィブリル間に存する空洞の大きさを散乱の絶対強度測定から推定する方法を提出した。

国内では、合成高分子の冷間延伸で生ずるくびれ(necking)の部分における各微小部分についてマイクロ回折写真と同時に小角像を測定し加工による内部の結晶および微細組織の動的变化を追跡したもの<sup>31)</sup>、またポリビニルアルコール繊維<sup>32) 33)</sup>やアクリロニトリル<sup>34)</sup>などにおける微細組織の変化についてのものなど、多数の報告が出されている。

そのほか、別の応用として、蛋白質の溶液の小角散乱による分子量や分子の形状の決定などについて、Kratky<sup>35)</sup>らの $\gamma$ -グロブリンの形状の研究、Echols<sup>36)</sup>らのアルブミンの変性に関する研究や、Malmon<sup>37)</sup>の楕円体散乱関数の計算など興味ある進歩を示している。

#### 3.2 Hosemann と Porod の論点をめぐって

X線小角散乱の高分子微細組織への応用はその解析法自身について今なお不確定さがある。それは回折の理論自体に完全なものがないからであるが、しかし理論が完全であっても解析可能な形にすることは必ずしも容易ではないからでもある。Hosemann と Porod の論争はこの意味における深刻な対立であったといえよう。

Hosemann は結晶, paracrystal, 非晶質, 液体にいたる全構造にわたる統一的な回折理論を試みた。その要点は、物質のあらゆる形の粒子的構造を正格子からのみだれをもった構造として表現する。原点から3次元の標準方向にそれぞれ隣の格子点存在の確率を  $H_1, H_2, H_3$  とし、ある位置ベクトル  $\mathbf{x}$  にみだれた格子点の存在する確率は、この格子点までの3方向についての成分単位ベクトルの歩みの総回数だけ  $H_1, H_2, H_3$  を *folding* した  $H_k(\mathbf{x})$  として表わす。したがって格子構造因子を省き規格化した強度を  $J(\mathbf{b})$  とすると、

$$J(\mathbf{b}) = \sum_k H_k(\mathbf{x}) \exp \{2\pi i(\mathbf{b} \cdot \mathbf{x})\} dv_x, \quad \mathbf{b} = (\mathbf{S} - \mathbf{S}_0)/\lambda \quad \dots\dots(2)$$

となる。Hosemann は観測X線強度の逆変換  $Q(\mathbf{x})$  をこの  $\sum_k H_k(\mathbf{x})$  と対応させることによって構造を解析しようとするものである。 $Q(\mathbf{x})$  は

$$Q(\mathbf{x}) = \int J(\mathbf{b}) \exp \{-2\pi i(\mathbf{b} \cdot \mathbf{x})\} dv_b = \int \rho(\mathbf{y}) \rho(\mathbf{y} + \mathbf{x}) dv_y \quad \dots\dots(3)$$

で、結晶の時にももちろん通常のパターン関数である。小角散乱においても同様の考え方から微粒子の集合体系を重みの異なるみだれ格子点としてその散乱強度の計算を行った。一方 Porod は媒質中に存在する微粒子系において平均の粒子密度からのゆらぎを示す相関関数  $K(x)$  を用い、全試料容積からの散乱や粒子と媒質間の cross term による散乱など極

小角の散乱をすべて省略すると、その強度は

$$J(s) = \int 4\pi x^2 K(x) \frac{\sin sx}{sx} dx \quad \dots\dots(4)$$

$$J(0) = \int 4\pi x^2 K(x) dx = v_c \quad \dots\dots(5)$$

$$s = 2\pi \sin 2\theta / \lambda$$

ここにおいて生じた Hosemann の反論、(1)  $K(x)$  のとりうる値の範囲、(2) Porod の(5)式の  $v_c$  は0になるべきである、(3) したがって粒子間の相互干渉は0である、はすでに Gerold<sup>38)</sup> によって解析的に批判され、また最近柿木<sup>39)</sup> によってもその一部を指摘された。この反論(1)については問題はないが、Porod が実際に解析法として利用している  $v_c$  に関する(2)の反論は Porod 自身も一般的には認めざるを得ない。しかし粒子系のモデルを非常に稀薄な系と置き換えてみれば次のような解釈ができる。

今半径  $R$  なる大きな球状の体積内に半径  $r$  なる球形微粒子が  $N$  箇稀薄に存在しているとし、 $k_r$  を位置ベクトル  $\mathbf{x}$  による粒子の ghost と粒子体積との共通部分と粒子体積の比とし、また  $k_R$  を試料の全容積について同様 ghost 共通部分の体積比とすると、

$$Q(x) = w(1-w')V k_r(x) + w w' V k_R(x) \quad \dots\dots(6)$$

$$k_r(x) = 1 - \frac{3}{4} \frac{x}{r} \frac{1}{16} \left( \frac{x}{r} \right)^3 \quad \dots\dots(x > 2r \text{ で } 0)$$

$$k_R(x) = 1 - \frac{3}{4} \frac{x}{R} \frac{1}{16} \left( \frac{x}{R} \right)^3 \quad \dots\dots(x > 2R \text{ で } 0)$$

ここに  $w$  は全容積  $V$  に対する全粒子体積の体積比を、また  $w'$  はある1箇の球の外部における粒子体積密度をあらわし、 $w = N(r/R)^3$  である。

$$K(x) = \frac{1-w'}{1-w} k_r(x) - \frac{w-w'}{1-w} k_R(x) \quad \dots\dots(7)$$

ここで粒子系が稀薄であることから、 $w \approx w'$  とすると(7)式から

$$K(x) = k_r(x), \quad \int K(x) dv = \frac{4\pi r^3}{3} = v_c \neq 0 \quad \dots\dots(8)$$

またもし  $w \neq w'$  のときは

$$w - w' = (1-w') \left( \frac{r}{R} \right)^3$$

$$K(x) = \frac{1-w'}{1-w} \left[ k_r(x) - \left( \frac{r}{R} \right)^3 k_R(x) \right]$$

$$v_c = \int K(x) dv = \frac{1-w'}{1-w} \left[ \frac{4\pi r^3}{3} - \frac{4\pi r^3}{3} \right] = 0 \quad \dots\dots(8)$$

となる。要するにこの問題は任意の粒子体系において  $w \approx w'$  が成立するか否かによって  $v_c$  が意味をもつかまたは0となって意味がなくなるということである。しかもこれが成立することを確認する一般的な方法を発見することは困難であろう。それにしても(8)式により、実測から算出した  $v_c$  が必ずしも0とならない理論的根拠はあるわけであるが、上記の理由により  $v_c$  の物理的意義として粒子の体積を示すとは限らず、一般にはその解釈は困難である。これら争点こそ小角散乱の問題点そのものであって、いづれの方法も散乱像から一義的に解析し得る  $Q(x)$  または  $K(x)$  をもって解析しようとしていることには違いない。複雑な微粒子体系による散乱には Babinet の reciprocity theorem をも考慮に入れなければ



ならない。したがって  $Q(x)$  の物理的内容には homometric structure による不確定性に加えてこの回折の可逆性が問題を一層やっかいにしているのである。

### 5・3 高分子の微細組織解析における新しい試みについて

Hesemann らは paracrystal の理論をさらに拡張して光線からγ線および電子線、中性子線などすべての可干渉波に対してその実空間、フーリエ空間相互の変換の関係を統一的に整理しようと試みた<sup>40)</sup>。

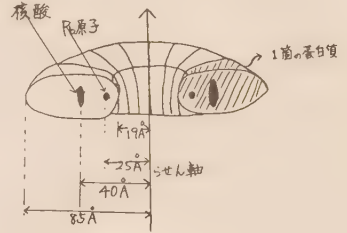
ある物質の構造に対応するその回折像から測定し得る散乱強度  $I(b)$  を出発点とする。

$$I(b) \longleftrightarrow J(b) \rightleftharpoons \sqrt{J} \cdot e^{i\varphi} = A(b)$$

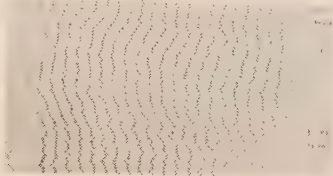
$$\begin{array}{ccc} \downarrow \uparrow & & \downarrow \uparrow \\ Q(x) & \rightleftharpoons & \rho(x) \end{array}$$

上図において実線の矢印は一義的対応を示す。 $J(b)$  は  $I(b)$  から絶対強度として得られる。散乱振巾の位相角  $\varphi$  が一般には求められないのでここに不確定性がある(点線で示した)。Hosemann はあくまで一義的解析法として  $Q(x)$  から構造  $\rho(x)$  を引き出さなければならないという立場をとる。そのために paracrystal の理論によるモデルから  $Q(x)$  を数値計

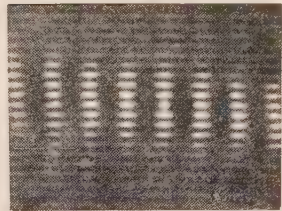
第 8 図



第 9 図 (a)

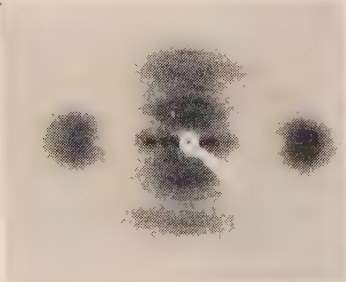


(b)

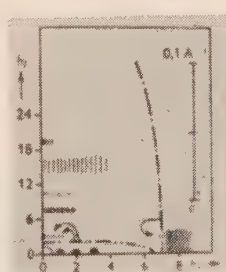


(a)は paracrystal の一つのモデルで、(b)はこのモデルによって光学的に合成された folding  $Q(x)$ を示す。

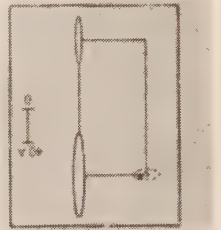
(b)



(a)



(c)



(d)



(e)



第 10 図

(a)はハリネズミの針のX線回折でαケラチンを主成分とする。(b)は Hosseman の解析法の図で(a)逆格子座標で示したもの。(c)は解析結果の paracrystal の単位格子を示したもので、楕円形は各格子点の確率  $H_1, H_2, \overline{H_1 H_2}$  のひろがりを示している。

(d)はこの解析にもとづいて作られた paracrystal のモデルで、このモデルによって得られた光回折像 (e)はモデルが正しければ(a)と同じものになるはずである。この図では(a)と(e)は非常によく似ている。

算によって求める方法を示し、また一方  $\rho(\mathbf{x})$  から  $Q(\mathbf{x})$  への *folding* の手続きを光学的に合成する方法をも併用した。このようにして直接  $\rho(\mathbf{x}) \rightarrow Q(\mathbf{x})$ ,  $\rho(\mathbf{x}) \rightarrow J(\mathbf{b})$  を対応させて  $Q(\mathbf{x}) \rightarrow \rho(\mathbf{x})$  つまり構造を推定する方法を提案した。これはいわば一種の trial method である。その一例を第9図および第10図に示した。この方法は簡単な散漫散乱を示す一般の高分子の小角散乱を解析するには決して安心してやれる方法ではないが、特に問題を高分子の paracrystal 領域に限ればこの理論は今後一層有効な解析法を与えるものとして発展するであろう。

以上のほか、最近の高分子の解析の新しい方向としては、今まであまりにも回折のデータが少ないうえに充分立ち入って検討されなかったものが、より進歩した理論とモデルを併用して巧妙な解析と意義づけを進めようという試みがなされていることである。たとえば、Luzzati らの生体中の核酸<sup>(41)</sup>・、石鹼ミセル<sup>(42)</sup> などについての高次構造の研究には非常に注意深い解析のあとがうかがわれる。

#### 〔参 考 文 献〕

- (1) 仁田勇, 田所広行: 高分子, **5** (1956) 296;  
仁田勇: 化学の領域, **11** (1957) 161.
- (2) 高柳素夫: 日本物理学会誌, **16** (1961) 19.
- (3) R. L. Miller et al.: *J. Polymer Sci.*, **44** (1960) 391.
- (4) J. D. Bernal: *Discussion Faraday Soc.*, No. 25 (1958) 7.
- (5) W. L. Bragg & M. P. Perutz: *Proc. Roy. Soc.*, **A213** (1952) 425.
- (6) D. M. Blow & F. H. Crick: *Acta Cryst.*, **12** (1959) 794;  
M. F. Perutz: *Acta Cryst.*, **9** (1956) 867;  
M. G. Rossmann: *Acta Cryst.*, **13** (1960) 221.
- (7) 笹田義夫, 角戸正夫: 化学の領域, **14** (1960) 1. J. C. Kendrew et. al., *Nature*, **185** (1960) 422の訳文
- (8) 笹田義夫: 日本結晶学会誌, **II**, **3** (1960) 2.
- (9) 角戸正夫: 蛋白質, 核酸, 酵素, **4** (1959) 415.
- (10) 角戸正夫: 科学, **30** (1960) 415.
- (11) J. Till: *J. Polymer Sci.*, **24** (1957) 301.
- (12) A. Keller & A. O'conner: *Nature*, **180** (1957) 1289; *Phil. Mag.*, **2** (1957) 117.
- (13) A. Keller & A. O'conner: *Discuss. Faraday Soc.*, No. 25 (1958) 114.
- (14) W. Cochran, F. H. Crichton and V. Vand: *Acta Cryst.*, **5** (1952) 581.
- (15) F. H. Crick: *Acta Cryst.*, **6** (1953) 685.
- (16) G. Natta: *Makromol. Chem.* **XVI**, (1955) 213.
- (17) 田所宏行, 村橋俊介: 高分子, **8** (1955) 222.
- (18) 茶谷陽三: *J. Polymer Sci.*, **47** (1960) 149.
- (19) 田所宏行: *J. Polymer Sci.*, **44** (1960) 266.
- (20) R. Langridge, H. R. Wilson. et al.: *J. Mol. Biology.*, **2** (1960) 19.
- (21) D. L. D. Kasper: *Nature*, **177** (1956) 928.
- (22) R. E. Franklin: *Nature*, **177** (1956) 929.
- (23) R. E. Franklin, & K. C. Holmes: *Acta Cryst.*, **11** (1958) 213.
- (24) 仁田勇, 角戸正夫: 材料試験, **3** (1954) 12.  
角戸正夫: X線, **8** (1954) 1.



- (25) 田口稻男, : 高分子, **4** (1955) 566.
- (26) 角戸正夫, : 実験化学講座, 第4巻 (1955); 高分子実験学, 第2巻 (1958); X線結晶学, 下巻 (1961).
- (27) 角戸正夫, 笠井暢民, 外, : 日化, **78** (1957) 821, 1~3報; 工化, **59** (1956) 786.
- (28) W. O. Statton, : *J. Polymer Sci.*, **41** (1960) 143.
- (29) O. Kratky, : *Angew. Chem.*, (1960) 467.
- (30) P. H. Hermans, et al. : *J. Polymer Sci.*, **35** (1959) 139.
- (31) 笠井暢民, 角戸正夫, : ポリビニルアルコール, (1955) 223.
- (32) 角戸正夫, 笠井暢民, 外, : 工化, **64** (1961) 55.
- (33) 望月隆仁, : 日化, **81** (1960) 44, 200, 他数報
- (34) 温品茶彦, 高橋正夫, : 高分子学会年次大会 (1961)
- (35) O. Kratky, G'Porod, : *J. Polymer Sci.*, **16** (1955) 163.
- (36) G. H. Echols & J. W. Anderegg, : *J. A. C. S.*, **82** (1960) 5085.
- (37) A. G. Malnon, : *Acta Cryst.*, **10** (1957) 639.
- (38) V. Gerold, : *Z. f. Elekt. Chem.*, **60** (1956) 405.
- (39) 柿木二郎, : 応用物理連合年会 (1961)
- (40) R. Hosemann, et al, : *Kolloid Z.*, **152** (1957) 45 ;  
R. Bonart, : *Z. f. Krist.*, **109** (1957) 309.
- (41) V. Luzzati & A. Nicolaieff, : *J. Mol. Biology*, **1** (1959) 127.
- (42) V. Luzzati, et al., : *Acta Cryst.*, **14** (1941) 278.

## 〔トピックス〕

## 金属の相転移によって生ずる格子欠陥の電子顕微鏡像

西	山	善	次*
清	水	謙	一*

## §1. ま え が き

相転移は原子の動きに着目して分類すると次の二つに分けられる。

(i) 拡散変態

(ii) 無拡散変態

(i) の例には固体よりの析出がある。この場合には各原子はいわば単独行動によって拡散しながら析出相を形成するため、比較的完全な結晶になりやすく、地(matrix)の原子配列とは無関係な配列になる場合が多い。従って境界歪も少ない。しかし比較的低い温度での析出の初期には、析出相の格子と地の格子とはその境界において相関連した原子配列を強いられる。しかるに両格子はその構造を異にするので境界近傍に格子欠陥が入らざるを得ない。すなわち少なくとも **coherency strain** が入る。時にはそれは境界よりはなれた所にまで及び、normal の状態では例えば立方晶のものが **coherency strain** のために正方晶になるという風にいわゆる **modulated structure** を作ることさえある。

Martensite 変態は(ii)の場合であって、この場合でも変態は部分的に進行すると考えられるが、原子の拡散はなくで連繋移動のみで格子が変わるので、その変態した部分はその周囲と格子が連結したままで外形が変わらなければならない。従って両方の格子は全部完全ではあり得ないで幾多の欠陥を生ずる。

このような格子欠陥は他の物理的性質たとえば抗磁力の大きいことなどから予期され、またX線のには回折線のぼやけと shift あるいは分裂から確認されているが、これらの場合格子欠陥の場所的分布に至ってはそのような方法で知することは極めて困難で電子顕微鏡によるのが最も適当である。

金属の電子顕微鏡による観察のためには、従来は専らレプリカ法の如く表面の凹凸を示すものによって行われていたが、これでは実物を見ていないので結晶の性質の一部の反映だけしかわからなかった。しかるに最近では電解研磨あるいはイオンエッチなどを利用して、電子線が透過するほどの厚さの金属実物薄膜が作れるようになり、一段と研究が進展してきた。その薄膜の作製法については他の解説<sup>1)</sup>を参照していただくことにして、ここでは実際どんなことが研究されているかを二三の例によって説明しよう。

## §2. 析出相の周りの格子欠陥

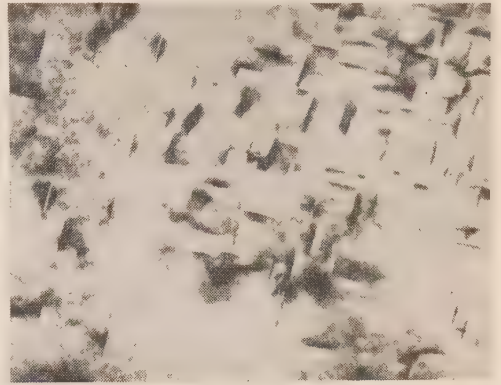
析出の初期に関しては注目すべき重要な問題がある。例えば少量の Cu を含んだ Al 合金を焼入れて過飽和固溶体にしておいて、これを常温に放置あるいは少し高い温度に加熱すれば、時間の経過とともに諸種の性質に著しい変化がある。いわゆる時効現象がある。これに

\* 大阪大学産業科学研究所



関してはすでにX線回折によって詳細に研究されておるが、その結果によると、最初 Guinier-Preston zone (G. P. 1) の薄板が出来、次にこの中に superlattice が生じて G. P. 2 となり、次に中間的の析出相  $\theta'$  になり、終りに安定析出相  $\theta$  となるのである。所でここで吾々の問題にしたいのは析出相と地との格子連結である。

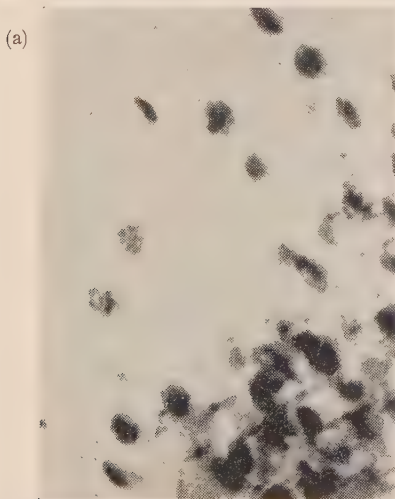
第1図<sup>2)</sup>は G. P. 2 を含む薄膜を電子顕微鏡で直接観察したもので、G. P. 2 薄板の断面が方々に現われており、その近くの地に異常コントラストが認められる。これは G. P. 2 が地に比較して析出板面に垂直の方向に縮んでいるので、その両側の地は normal には立方晶であるべきなのが板面と垂直の方向に少し伸びて正方晶になり、電子線に対する反射条件が変わったためであると考えられる。これは電子回折の助けを借りてわかる。G. P. 1 についてもほぼ同様である。この coherency strain が大きくなるとそれを緩和するために G. P. zone の周囲にその面と平行に1枚の原子面が余分に挿入される可能性がある。そ



第1図  $\times 97,000$   
G. P. 2 の析出とその周囲の coherency strain  
試料: Al-4% Cu 焼入後 160°C 5h 焼戻  
(Nicholson and Nutting)

のため析出物の周りに dislocation ring が生ずる。そのような ring は中間相  $\theta'$  にも生ずると考えられるが第2図(a)<sup>2)</sup>はそれを示している。図(b)は地の(100)面ならびに  $\theta'$  板の面が薄膜試料面に平行な場合で地と析出相との重なりによる Moiré 像が見えるが、その乱れによって van der Merwe dislocation の一部が存在しているのがわかる。このような模様はその他<sup>2)</sup>でも見出されている。

第3図<sup>2)</sup>は鋼の中に現われた析出炭化物の周囲に dislocation などが見えるものであるが、詳細には研究されていないように思われるので、筆者らの研究によるパーライトについて少



第2図 (a)  $\theta'$  の析出とその周囲の  
dislocation ring.

試料: Al-4% Cu 焼入後 200°C 12h 焼戻 (Nicholson, Thomas and Nutting)

(b)  $\theta'$  板と地の重なりによる Moiré 像、像  
の乱れは van der Merwe dislocation による。



×27,000

第3図 炭化物粒とその周囲の dislocation

試料: 1%Cr, 1%Mn, 0.4%C 鋼  
焼入後 718°C 72h 焼戻  
(A. S. Keh)

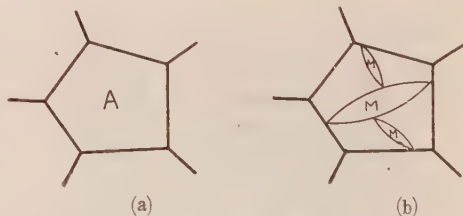
し述べることにする。

鋼の中のパーライトはよく知られているようにフェライト ( $\alpha$ 鉄) 板とセメンタイト板とが交互に重なって層状をなしている。第4図はその典型的のものである<sup>9)</sup>。左下から右上に走っているのがセメンタイト板で断面が現われている。間の地はフェライト板で、左上から右下に走っている extinction contour からみて、この視野にある(同じ colony にある) フェライト板はすべてほぼ同じ結晶方位にあることがわかるが、contour が少し食いちがっていることによって方位も僅かに異っているということもわかる。そのことはセメンタイト板についても言える。所でここで問題にしなければならぬのはセメンタイト板とフェライト板の境界である。第4図でも注意深く観察すれば何か複雑なものがありそうな所が見られるが、そのことは倍率を大きくして撮影した次の写真によって説明しよう。

第5図はセメンタイト板が斜めに切断された場合<sup>10)</sup>のもので、黒い部分がそれで中に極めて複雑な模様が見られる。斜めに切断した場合はセメンタイト板の上と下に楔形のフェライトが重なっているので、当然考えなければならないことはその重なりによる Moiré 像が現われる可能性があるということである。その考えのもとに調べてみるとよく一致するものがある。ここで取りあげなければならないのはその Moiré 像の乱れである。第5図にはその乱れが見られセメンタイト板とフェライト板の間には格子歪があることが明らかである。この図の黒いバンドの縁に羽毛状のものが見られるが、その分布がバンド内の模様と相当関連があるらしく何れも dislocation などの格子欠陥に基づくものと考えられる。

### § 3. Martensite 内の格子欠陥

Ni を 30%位含む Fe-Ni 合金は高温から徐冷すれば常温まで何らの転移も起こらずに面心立方格子のいわゆる Austenite のままで、組織は第6図(a)に説明するように平凡な結晶粒から成立っている。しかしこれを固体炭酸、液体空気などで冷却するといわゆる Martensite

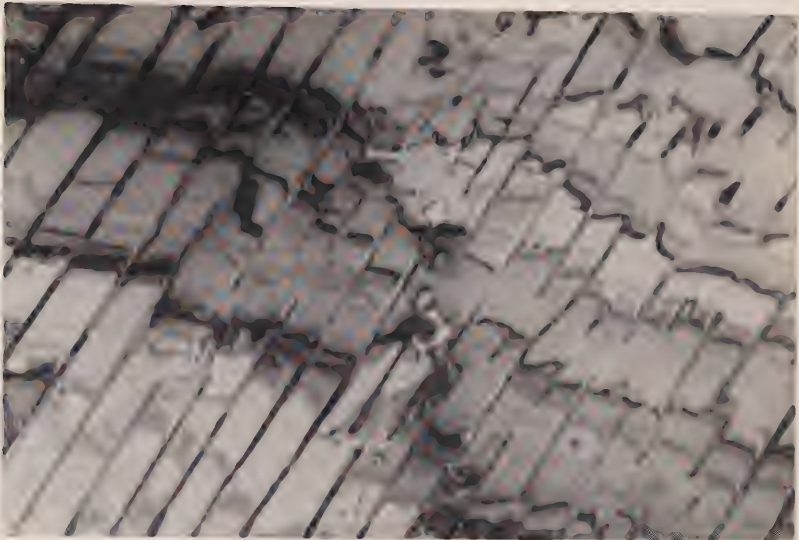


第6図

に変わる。第6図(b)には一部分が転移した模様を説明してある。M印の部分は一つ一つが Martensite の結晶と考えられ、結晶構造は焼鈍した  $\alpha$ 鉄の場合と同じく体心立方格子ではあるけれども実は次に述べるように簡単ではない。

第7図(a)<sup>9)</sup>は実物薄膜の電顕像で Martensite 晶内の一部と考えればよい。この写真には平行な縞が多数見られ焼鈍した  $\alpha$ 鉄のように簡単ではないことに気づく。(b)は(a)の小白枠部を拡大したもので、(a)では1本の縞と思われたものが、(b)では3本あるいは4本の線からなっている。(a)の中の大白枠の部分の制限視野電子回折をとってみると第8図(a)のようになる。これを解析してみると、(b)図に説明するように二種の方位の体心立方格子よりなりその両者は (112) 面による双晶関係にあることがわかる。このことと縞の模様との対応ならびに第7図(b)に見た縞が楔形結晶部分による電子線干渉縞と解釈できることから、薄膜は第9図





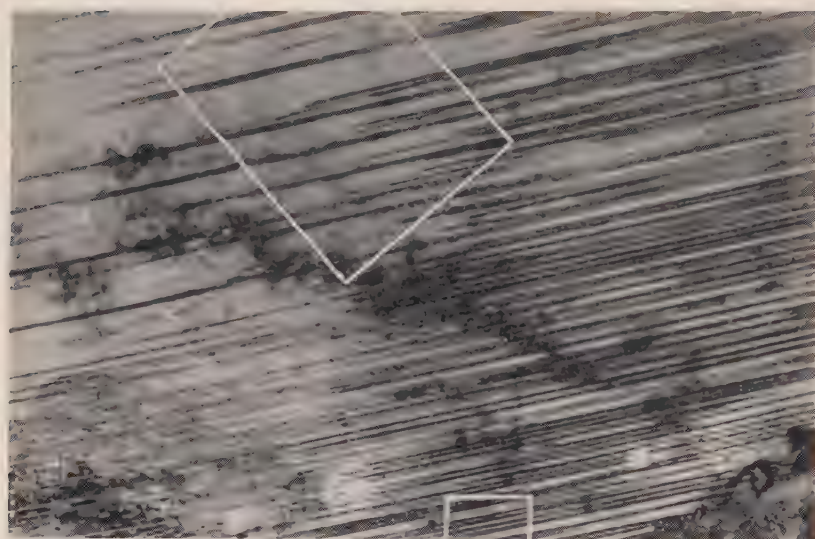
30,500

第 4 図 一ツタイト（下からの右上にあり層状に見えるものはセメントタイト板の断面）  
試料：0.7% 炭素鋼の急冷（徐冷）（西山，是枝，清水）



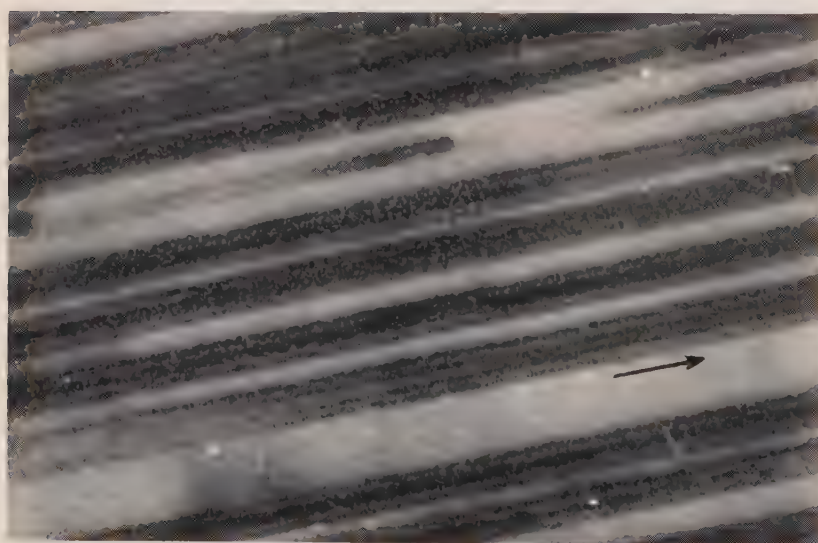
×71,500

第 5 図 一ツタイト（セメントタイト板が斜めに切断されたもの，中の Moiré 像の乱れと縁に  
ある山状の模様は coherency strain を示す）（西山，是枝，江口，加藤）



(a)

1500x



(b)

×485,000

第 7 図 (a) Martensite 晶に現われた twin fault

(b) (a) 中の小白棒部を拡大せるもの、3 本あるいは 4 本よりなる 1 組の縞模様は 1 枚の双晶板 (2 枚の twin fault) を示す

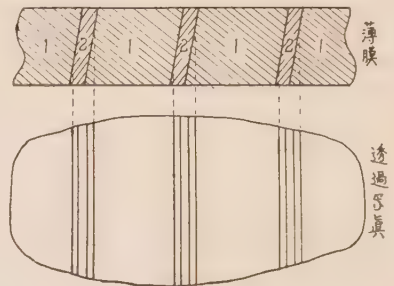
試料: Fe-30% Ni 焼鈍後固体炭酸の温度に冷やす (西山, 吉本)





第 8 図 (a) 第 7 図(a)内の大白枠部の制限視野電子回折像  
(b) (a)の説明図で、互に双晶関係にある(b)2つの結晶部分よりなることを示す(西山, 清水)

に示すように互に双晶関係にある 1, 2 の双晶の繰返しからなっていると解釈される。双晶板 2 の厚さは極めて薄く  $30 \sim 70 \text{ \AA}$  程度と推測される。これをまた 1 と 2 の境界に growth fault (twin fault) が存在するという表現を使ってもよい。各種の断面の薄膜について詳細な観察をしてみると、これらの双晶板は  $[11\bar{1}]$  方向 (双晶向き方向) に長いリボン状をなし、それを通る  $\{112\}$  面 (前記双晶面とは別種の例えば  $(\bar{1}21)$ ) に deformation fault が生じているらしいことがわかる。それが双晶板の外形にまで現われて双晶板の板面は双晶面  $(112)$  から多少ずれている。そのようなずれがあると双晶板の表面の coherency strain は大きいことが予想される。実際電子回折像を調べてみると、双晶面に垂直の方向に逆格子点のび junction spot も現われている。



第 9 図

上記のような格子欠陥の存在はマルテンサイト変態理論に対する成生機構上の資料となるという意味において極めて重要である。

ちなみに、高 Mn 鋼 (面心立方晶) に加工歪を与えると異常硬化をすることはよく知られていることであるが、これは加工によって多くの stacking fault (deformation fault) が生ずる以外に、厚さ数  $10 \text{ \AA}$  程度の  $\epsilon$  相 (六方晶) が生じているためであって、これも電子顕微鏡によって始めて明らかにされた<sup>10)</sup> ことである。その解説は金属物理に投稿したのでここでは省略する。

#### § 4. む す び

固体の結晶不完全性は結晶の性質に影響を与えるが、それが微細な場合には特に著しい。しかも場所的の分布すなわち topography が重要な factor である。その意味から実物薄膜を用いて格子欠陥に関する電子顕微鏡的研究をすることは極めて肝要である。

#### 文 献

- 1) 小川：金属物理，4 (1958) 243.  
西山，藤田，清水：日本金属学会誌，23 (1959) A4.

- P. M. Kelly and J. Nutting : J. Inst. Metals, **87** (1958-59) 385.
- 2) R. B. Nicholson and J. Nutting : Phil. Mag., **3** (1958) 531.
- 3) R. B. Nicholson, G. Thomas and J. Nutting : J. Inst. Metals, **87** (1958-9) 429.
- 4) 幸田, 松浦, 高橋 : 昭和36年4月 日本物理学会で講演
- 5) A. S. Keh : J. Appl. Phys., **31** (1960) 1501.
- 6) Z. Nishiyama, A. Kore'eda and K. Shimizu : J. of Electronmicroscopy, **7** (1959) 41.
- 7) Z. Nishiyama, A. Kore'eda, I. Eguchi and K. Kato : J. Phys. Soc. Japan, **16** (1961) 834.  
電気製鋼, **32** (1961) 71 ; 1961年4月応用物理学会関係講演会
- 8) Z. Nishiyama and K. Shimizu : Acta Met., **7** (1959) 432.
- 9) 西山, 清水 : 昭和36年4月 日本物理学会で講演
- 10) Z. Nishiyama and K. Shimizu : J. Phys. Soc. Japan, **15** (1960) 1963.

日本結晶学会誌 III, 2, (1961)

## 電子のエネルギー分析

渡 辺 宏\*

### はじめに

電子のエネルギー分析についてと言う題をいただいて何か書くことになったが、現在われわれが取扱っている電子のエネルギーは 20~50kV 程度、散乱角は  $10^{-4}$ ~ $10^{-1}$  rad. 位、エネルギー損失値は 100eV 以下といった極く限られた範囲のものであるため一般的内容を持ったものは到底書けない。いろいろ考えたが結局、電子回折の方々に直接関係のありそうな問題を2つ、3つ拾い出して紹介するという形になってしまった。

1941年の Ruthemann<sup>1)</sup> の実験以来、上述の範囲内での電子のエネルギー分析は多くの人々によって行なわれて来た<sup>2)</sup>。この範囲は電子回折、電子顕微鏡の分野で最もよく用いられるものであるために興味深いと同時に、装置としても作り易いので数多くの実験が進められたものと考えられる。

### 分析装置

電子線エネルギー分析装置としてよく使用されているものに2通りある。その一つは、広義の電子レンズ系の色収差を用いるもので、エネルギーの異なる電子を異なる場所に focus させて分析する。扇形磁場を用いた一番最初の Ruthemann-Lang の装置<sup>1)</sup>、有名な Möllenstedt<sup>3)</sup> 型の分析装置はこれに属する。他の一つは Gegenfeldmethod と呼ばれるもので、電子線通路に負電界を設けてその電位より低いエネルギーの電子を追いかえしてエネルギー分析を行なう。Boersch<sup>4)</sup> の装置や最近 Raether 達<sup>5)</sup> の作った装置などはこれに属する。

図1は Möllenstedt 型分析装置の原理を示すもので、細いスリットと平行におかれた長方形の電極を有する静電レンズから出来ている。静電レンズは本来磁界レンズにくらべて色収差が大きいものであるが、図に示すように光軸に平行に入射したビームが、一旦光軸を切った後にふたたび光軸に平行に出ていく場合には色収差が特に大きくなる。すなわち、図の

\* 日立中研

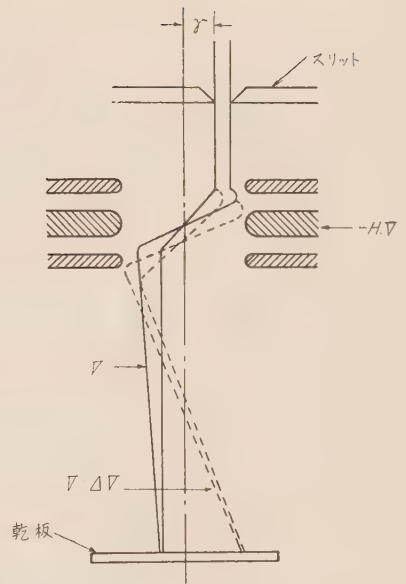
細いスリットを通路したビームの中、 $V$ なるエネルギーのものは実線で示した径路、 $V-\Delta V$ のエネルギーのものは静電レンズ内での屈曲が大きく点線で示したような径路を取り、乾板上にエネルギースペクトルが出来る訳である。静電レンズの直上の細いスリット面上に電子回折像を作れば、その回折像のスリットで拾い出された一部分のエネルギー分析も出来る。

Gegenfeld による分析装置<sup>6)</sup>を図2に示す。コレクターの電位  $V_c$  を加速電圧  $V_0$  から次第にさげて、コレクター電流を記録する。試料によるエネルギー損失のピークのところでコレクター電流は段階的に増加する。その曲線を  $V_c$  で微分すればエネルギースペクトルが得られる。この間の事情は図2の Haberstroh の実験結果(試料は Al, 加速電圧は 35kV)によくあらわされている。この装置の変形として細かい網に逆電界をかける Boersch の装置がある。この方法でエネルギースペクトルを得るためには得られたデータをも微分しなければならない。その反面スペクトルの積分強度を問題にする時には都合がよいし、又 Möllenstedt 型の分析装置のように細いスリットによってビームを限定する必要がないので、たとえば特定の回折斑点を絞リ孔の中に拾いだしてエネルギー分析をしたり、電子回折像を直接見ながら追返す電圧の変化によってバックグラウンドが如何にかわるかを知ることでもある。

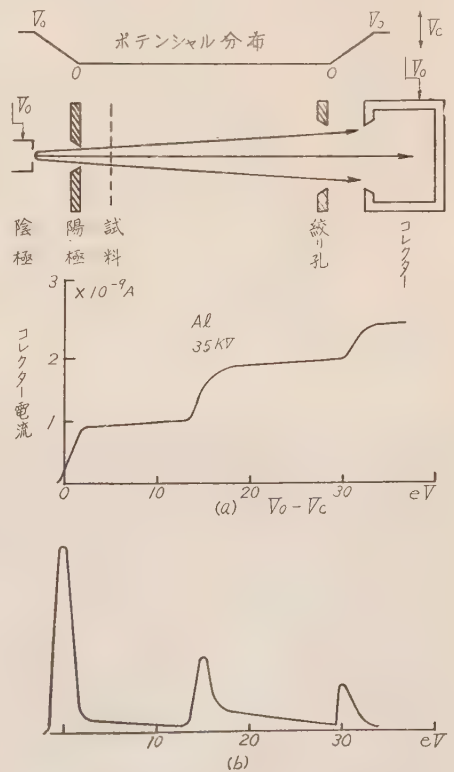
## 実 験 結 果

### 1) エネルギー損失値

物質薄膜を通過した電子のエネルギー損失の大きさ、およびそのピークの中はその物質固有のものである。測定結果の一部を図3に示す。すべての物質が 10~25eV の間に大きなピークを持っていることは注目すべきものである。



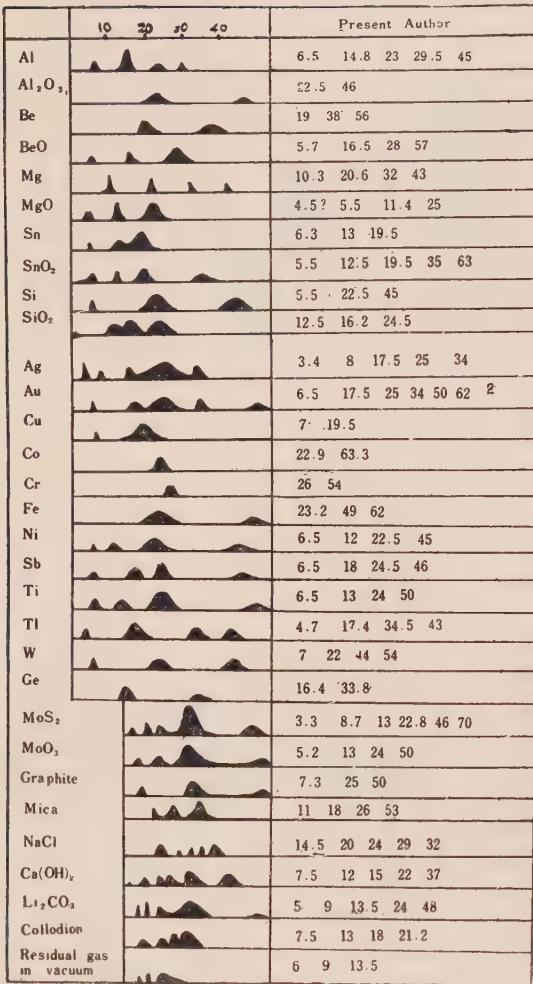
第 1 図 Möllenstedt 型分析装置の原理図



第 2 図 Gegenfeldmethod の原理図。

下は  $V_0 - V_c$  とコレクター電流の関係





第 3 図 エネルギー損失値の表，加速電圧 22~25kV



第 4 図 Al の電子回折像のエネルギースペクトル

4eV 以上のエネルギー損失を起した電子を追いつせば菊池線は消えることが報告されている。

このエネルギー損失の機構については現在 2 つの考え方がある。その一つは固体電子論に従って価電子の占めうるエネルギー帯を考え、入射電子は価電子の band 間遷移を引き起こすことによってエネルギーを失なうというものである。もう一つは、入射電子が固体内電子に集団的振動（プラズマ振動）を励起するため、そのエネルギー量子に相当したエネルギーを失なうと考える。前者は入射電子による固体内電子個々の励起であり、後者は集団的な励起であるため巾のせまい、強度の大きいエネルギー損失のピーク（たとえば Al の 15eV のピーク）を説明するには後者の方が好都合な面が多い。現在のところ、Al の 15eV、Mg の 10eV、Be の 19eV のピークのように巾がせまく高いピークはプラズマ振動励起によるものであると考えられている<sup>7)</sup>。

2) 電子回折像のエネルギー分析

図 4 は Al 蒸着膜の電子回折像の直径部分をスリットではさんでエネルギー分析をした例である。この方法によれば回折像を作っている電子を弾性散乱電子（厳密にはエネルギー損失値が 1eV 以下のものは分離されないの、非弾性散乱電子の影響は区別出来ない）と非弾性散乱電子に分離出来る<sup>8)</sup>

菊池像の成因は試料内部に発散波の源があって、そこから出た発散波が網平面によって反射するものとされている。発散波としてはこれまで一般に非弾性散乱波を考えていたが実際に菊池像を形成している電子のエネルギー分布をエネルギー分析装置を使って測定した例を紹介する。

最初の Boersch の実験<sup>9)</sup> では網に逆電界をかける方法を用いたが、マイカの膜による透過像の場合、

一方 Möllenstedt 型分析装置を用いて 25kV の電子で  $\text{MoS}_2$  について行った実験<sup>9)</sup> では 0~1eV のエネルギー損失をともなった電子が相当量ふくまれていることが見出されている。すなわち約 250Å の  $\text{MoS}_2$  では 23eV あるいは 45eV の特性エネルギー損失をともなう非弾性散乱電子の量と 0~1eV の損失をともなった電子の量は菊池線の部分では殆んど相等しく、回折斑点では後者が約 2 倍以上の割合をしめている。膜厚が増すと多重散乱のため 0~1eV のエネルギー損失をともなったものは減少し、23eV あるいは 45eV の損失をともなったものが増加していく。

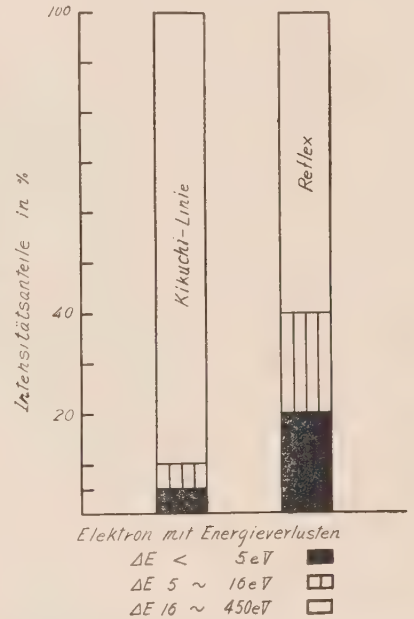
最近 Halth と Raether<sup>10)</sup> は Gegenfeld 法により Si 単結晶の (111) 面による反射の菊池線のエネルギー分析を行った。(444)の菊池線と(444)反射点について、エネルギー損失の大きさを 3 段階に区切り、各段階の中にある非弾性散乱電子の割合を比較した。(図 5) 菊池線では 95% が、回折斑点では 80% が 5eV 以上のエネルギー損失をともなった電子を含んでいることがあきらかにされた。反射回折の場合には試料内での電子の通路が長くなるので、5eV 以上のエネルギー損失のものが著しく減少すると考えられる。

このように非弾性散乱電子の占める割合が非常に大きいことは電子回折の理論の中にも充分に考慮されなければならない。回折理論で取扱っている可干渉波の強度が、実際に観測される回折像の強度の 20% 以下 ( $\Delta E < 5\text{eV}$  のものの中には光学的準位や格子振動を励起したものを含んでいるので、純然たる可干渉波は上記のデータより更に少なくなる。) ということは問題が多い。特に従来行なわれて来たように吸収係数を導入して吸収を考慮に入れるというやり方は全く公式的なもので、たとえば電子のエネルギーだけが変化して消滅しないような場合については考慮を払っていないが、実際にエネルギーだけが変化した電子の大部分は回折斑点の近傍に集まっていて実験的に得られた強度曲線に寄与している。

## 結 び

電子のエネルギー分析装置のごく概要と、これまで得られた結果の中で電子回折の分野に関係のあるものを 1, 2, 拾いだして紹介した。電子のエネルギー分析は電子の非弾性散乱過程を調べ、エネルギー損失の機構をあきらかにすると言う方向の他に、電子回折像あるいは電子顕微鏡像に寄与する非弾性散乱電子の影響を調べるという興味深い応用面を持っている。今までの実験結果からだけでも回折線の強度について電子回折理論の与えるものは実験的に得られるものの 20% にも満たない場合があるというはっきりした結果が出ている。

このような実験結果が積み重ねられることによって、電子回折理論あるいは電子顕微鏡の形像問題が再検討される時が来ることと思う。



第 5 図 (444) 回折点と菊池線を構成する非弾性散乱電子の割合  
(W. Hartl und H. Raether ; Zeits. f. Phys. 161 (1961), 238)



## 参 考 文 献

- 1) G. Ruthemann : *Naturwissenschaften* **29** (1941), 648.
- 2) 渡辺 宏 : 物理学会誌 12巻 (昭和33年), 205.
- 3) G. Möllenstedt : *Optik* **5** (1949), 499.
- 4) H. Boersch : *Zeits. f. Phys.* **134** (1953) 156.
- 5) M. Horstmann et. al : *Zeits. f. Phys.* **154** (1959) 663.
- 6) G. Haberstroh : *Zeits. f. Phys.* **145** (1956) 20.
- 7) H. Watanabe : *Journ. Phys. Soc. Japan* **11** (1956) 112.
- 8) H. Watanabe : *Journ. Phys. Soc. Japan* **10** (1955), 321.
- 9) H. Watanabe : *Journ. Phys. Soc. Japan* **10** (1955), 908.
- 10) W. Hartl und H. Raether : *Zeits. f. Phys.* **161** (1961), 238.



## ケンブリッジの記

橋本初次郎\*

ロンドンの北方約50哩、グラントとリーの2つの河が合流してケム河となり蛇行するあたりに緑をたたえて起伏する豊かな耕地牧場が展開する。その美しい牧野の中にどんな旅人でもこれはこれはと目をみはるような古い荘重な建物と緑の芝生と並木によって構成された美しい大学都市がある。その名はケム河の橋というケンブリッジである。約9万の人口をもつこの街はオックスフォード大学とならんで英国の最も古い大学町であることはよく知られているが筆者はこの地に約一年文部省の在外研究員として滞在し、電子線金属結晶学の分野で最近目ざましい活躍をしているこの地の人々と交り恵まれた研究生生活を過ごすことができた。そして滞在中この地で開かれた国際結晶学会にも出席することができた。国際会議については仁田先生森野先生の極めて要領を得た紹介があったし、会議のくわしい内容については限られた紙数では紹介不可能なので特にケンブリッジ大学に話をしばって紹介したいと思う。筆者は滞在中 Cottrell 教授、Mott 教授のお宅やカレッジのデイナーに招かれたり研究室でお話を伺ったりしてその人となりによれる機会もあったがこれら大家の中にあるケンブリッジの魅力はよく知られているので他の面について少し記述をこころみたい。

ケンブリッジ大学の印象を一口にいいあらわせといわれたら私はここは「学問のしにせ（老舗）」である」と答えるであろう。この大学は私の属する分野だけについていえば学問をするのに全く都合よくできていると思える。およそ学問研究の場合に、他の分野でも同じであろうが、その成果をあげるのに考えなくてはならないものは、金と人の問題であると思う。ケンブリッジの学問の態勢を見ると商売繁じょうしている老舗の如くこの三者が理想的にみたまされているように見える。先づケンブリッジ大学の財政面について筆者の知る限りについてのべよう。

よく知られているように英国の25前後の大学は全部私立であるが政府の補助金が総額年々550億円ある。ケンブリッジ大学ではこのわけまえの他にケンブリッジの町の大半を占める大学の貸家よりの家賃、スコットランドその他の地方にある広大な地所より入る金がある。更に民間会社からの寄附金があり随分豊かな金が大学の経営に向けられている。大学の経営費は大学当局にまかされ、物理教室とか金属教室に分配された金は教授の（一人しかいない）裁量にまかされその使い途については他のものは一切口をはさまないとか。英国の大学教授ともなると紳士中の紳士で神様のように信頼してよい人であろうか、今迄に間違いを起したことはない。具体的な例を一、二あげてみよう。金属教室の Siemens 電頭の高圧電源に故障を生じ修理にかなりの手間がかかるので Cottrell 教授の所へ事情を説明に行くと「よろしい購入しなさい」と600万円程のものの購入をすぐ許可した。教授に相談をもちかけて一年の滞在延期に必要な金を出してもらった留学生もいる。Ph. D. を二年程前にとった28歳の研究員は奨学金を Royal Society より60万円、大学より40万円程もらいカレッジの fellow をしているため食費宿泊費は無料というわけで、新しいフォードを一台買い込んで研究生生活と青春を楽しんでいるといった具合である。

ロンドンより煙を吐く汽車にのってケンブリッジの駅へ下りた旅行者は古めかしい街燈が駅前から並

\* 京都工芸繊維大学



んでおり、そのあるものはまだガス灯であり駅玄関より眺めうる限りの家の煉瓦壁はうす黒く古めかし、この街のどこに時代の尖端を切る研究がなされているであろうかと疑うであろう。「ここが有名な Cavendish Laboratory です」と Free school lane の門に立って説明されてもまだ納得が行かない。石の廊下を古い木の扉を排して通っている間にもまだピンと来ない。それが研究室へ入り中にある実験機械を眺め、くわしく研究者の話をきいている間にこれでこそいい研究ができるのだと思うようになる。棟を接した約 50 米四方位の所にある Cavendish, Metallurgy, Chemical Physics の建物の中に Siemens の電子顕微鏡が 6 台（一台 1400 万円）Metro-Vick の電顕が 2 台という密度でつまっているのはその一例で、外から見ると何か倉庫にでもしているのかと思われるような構内の門の翼の扉をおしあけると X 線装置が数台ずらりとならび、数学教室の二階には EDSAC II 電子計算機がすわっている。これらの機械は一台を夫々数人が使い EDSAC II は一分の休みもない位ひっきりなしに運転されている。暫くここに滞在する人は研究設備と研究費の点で実に豊かな所であることを知るであろう。

次に人の問題がある。ここでは人を作り上げるのに精神的な面ではカレッジの制度があり、研究訓練の面では日本の家庭教師制度を公式化したような supervising の制度がある。カレッジ制度については色々の所でべられているので省略するが、厳格な英国の家庭教育がカレッジでの生活で更にみがきがかけられ、ケンブリッジ出身の英国紳士ができ上りがっちりした性格がきずかれる。supervising というのは講義の終わった午後 6 時から 8 時頃迄学部 of the student 二三名を夫々 Ph. D. コースの学生、研究員、教官、教授が引きうけて適当な本をテキストにしながらし向いで話をして行くのである。これは低学年の学生に対して高学年の学生が行う場合もあり、又 Ph. D. コースの学生に対してなされる場合もある。早大よりケンブリッジの経済学部へ留学していた大学院コースの学生が教授より supervising をうけて全く得難い機会がもてたと感激していた。これはその人の自宅で行われたりカレッジ内で行われたり又研究室で行われる。不明解な所はすぐその場できき返せるので教室できく講義と異り理解の度が高い。その雰囲気は日本で家庭教師を迎えて教えを乞うているのに似ている。これにはちゃんとした給料が大学より支払われ supervisor は月給をもらう。日本の大学生が小学生を教えているといったような教育の不経済はない。又学生の実験実習には大学院の学生研究員の若い人が総出で指導にあたる。指導者の数が多いため学生は実験の技術を手をとって教えてもらうことになる。例えば、金属教室では Philips の diffractometer を使うことを習い、金属を電解研磨して Siemens 電顕で写真を撮り、電気炉を用いて合金を作り testing machine を使うことを習う。講義は担当していないが研究の点では世界的に第一線にでている研究者より直接手をとって実験指導を受けるので、第一線級の技術が習えるのである。勿論これにも demonstrator としての俸給が支払われる。日本の徒弟制度方式が巧みに生かされている如くでこれらの制度によって学生の訓練されることは実に大きいと思う。

以上豊かな研究がケンブリッジより生れる理由として研究費と人の問題についてのべたがこの他にもニュートン、ラザフォード、トムソンなどの碩学が作りだした雰囲気とか、世界中の新しい研究が実にすばやくケンブリッジに連絡又は報告されることとか色々述べたいことはあるが紙数も残り少なくなったのでケンブリッジの研究について少しのべてみたい。

ケンブリッジの電子顕微鏡による金属膜の研究はケンブリッジの国際会議、Tube Investments 研究所での closed meeting、オランダのデルフトにおける国際電顕学会に殆んどあまさず出された様である。P. B. Hirsch 博士のグループは金属内のデイスロケーションの振舞とその電顕像のコントラストを看板にかかげて M. J. Whelan, A. Howie, J. Silcox, J. E. Bailey, D. H. Warrington, P. B. Price, P. G. Partridge, R. L. Segall, J. A. Venables の面々が夫々二つ三つの論文を共同で出して 17 篇をケンブリッジ会議にならべたのは壮観であった。私はその中の二つに参加して P. B. Hirsch, A. Howie, M. J. Whelan と共同発表をした。この全部が二台の Siemens 電顕から生み出された成果で、Siemens 電顕が高価だというけれど論文一篇あたりの単価になおすと日本の電顕よりも安くなるかもしれない。J. Nutting 博士のグループでは A. H. Cottrell 教授を総すいにして主として合金の析出の問題ととり組み P. M. Kelly, R. Nicholson, A. Baker, C. Baker, G. K. Williamson,

M. Blackburn, M. Arrowsmith, G. Thomas, R. M. Fisher, P. Swan 等がデイスロケーションと溶質原子との相互作用とか析出による硬化を電顕を用いて観察し12篇の論文を提出した。これも2台の Siemens 電顕を駆使しての成果である。Hirsch も Nutting も共に radiation damage についての研究もすすめ Silcox, Baker, Williamson 等の発表があった。私は金属教室に席をもっていたので Nutting group に入り、その Siemens 電顕を使い、又研究についての相談を前記の研究者からうけもして彼等の仕事ぶりをくわしくみてきたが、若い人々がよく訓練された研究者のように仕事をすすめて行くのをみていると全く素質だけでない訓練の成果を感じた次第である。

ケンブリッジの郊外にある Tube Investment の研究所には J. W. Menter 博士を頭にして D. W. Pashley, G. A. Bassett, A. E. B. Presland, E. A. Robinson, D. R. Schwarzenberger 嬢, Duncan 等他に4名程が実に目ざましい研究をすすめている。この研究所にも特筆すべきことが多いのであるが既に与えられた紙数を大分超過したので次の機会にゆずることにしたい。(1961. 2. 1.)



M. J. Whelan 博士 P. B. Hirsch 博士

### Cowley 研究室の思い出

桑 原 茂 也\*

編集委員から豪州の印象を書くようにおすすりめがありました、一般的な事柄はすでに物理学会誌(16(1961)117)に書いておりますのでここではそこで余りふれなかった Dr. Cowley の電子廻折の研究室について少し詳しく記してみたいと思います。

私のおりました Chemical Research Laboratories は Melbourne の西の外れの Yarra 川にそった Fishermen's Bend にあります。近く of 工場の騒音であまりよい場所ではありませんが、近く創設される Monash 工業大学の敷地内に移転の予定で、現在は仮りの住いといったところです。戦後の科学技術政策のあらわれとして所員も随分ふえて建物足りず、Dr. Cowley の研究室はバラック建ての hut の中にありました。従って夏には暖房冬には冷房がききすぎます、それでは気の毒だということで各室に一つ宛合計7ケの air conditioner がそなえつけてありました為、私がいておりました時は非常に comfortable でした。数年前アメリカの Ibers 氏がきていた時は夏、こ shorts 一つで汗びっしょりになって実験していたそうです。尤もその方が日本的雰囲気? にひたれたのかも知れませんが。

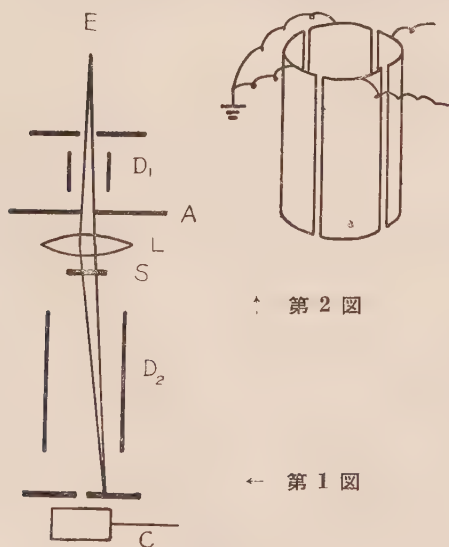
この研究所は研究員150名に対して事務員及び工員各50名という比ですから所謂研究の system としては悪くありません。装置などはあらましの図面を sketch して出しておけばちゃんと blue print になって工場の方へ廻してくれます。金工場や硝子工場の他にも electronics の workshop がありますし、stock room にも係員がいますからその点は申し分ありません。工作精度も悪くなく色々な工作機械がそろっております。問題は装置の製作や修理もしくは器具の購入に要する時間ですが、この点は吾

\* 広島大学理学部

々日本人の目からみるとおそすぎて閉口しました。例えば私がゆく前に工場に頼んだ電子廻折の低温試料ホルダーが一年たって私が帰る頃やっと八分通り出来上る調子だったり、日本に注文した光学顕微鏡が一年半たってからついたというような有様です。日本でならこの  $1/10$  の時間かかっても腹を立てる位でしょう。こういう点では日本の方がずっと能率的で、研究所員も **slow service** だといっていつもこぼしていました。

Dr. Cowley の研究室は3名の研究員から構成されています。その他にも私を入れて3名の外国留学生がいました。現在も入れ換って2名ほど留学している筈です。一寸小さな国連みたいで研究生生活は大変たのしいものでした。

電子廻折の装置は2台あって古い方は51年頃の製作でレンズが6ヶ！ もついでいて全部調整できるようになっています。ということは完全調整が不可能ということに等しく、電子顕微鏡として用いた場合の分解能は  $100\text{\AA}$  より悪く又使うのにかなりの不便を感じました。しかし当時の電子廻折や電子顕微鏡の一般的情勢から考えると、その頃これだけぜいたくなレンズ系をもつ装置を作って現在の装置の先鞭をつけたということは驚くべきことだと思われまふ。これだけの **idea** がありながら後の発達がこれに伴わないのは国状や人々の性質によるもので、端的に云えば工場が余り動いてくれないからだと思えます。新しい **idea** を生かすのは外部の会社ではなくてむしろ大学なり研究所なりに附属されている工場の活動だといっても差支えありません。もう一つの方の新しいカメラは二段レンズ型で Goodman 氏が新しい強度測定法を行うため改造中でした。高圧電源は新旧2台共 RCA の高周波方式を copy したもので  $50\text{kV}$  に固定されています。もう少し高い電圧まで色々電圧をかえられないのは実験上非常に不便でしたが、現在フランスの  $300\text{kV}$  位まで出る電源装置を輸入申請中だそうですからこの問題は早晩解決されることでしょう。



第2図

第1図

の真鍮パイプで同様のことを行っています。私がおりました頃 Goodman 氏はごみ箱をひっくりかえしたように部屋中ちらかしてさかんにやっていました。Norway の Gjønnes (ヨーネス) 氏の奥さんがこれをみて *bird's nest* だといっていました。

Dr. Cowley はソビエトの Pinsker 教授から、モンモリオナイトのような粘土鉱物の電子廻折図形は結晶系からは予想されない6回の対称性を示すということをきかれ、それを説明するため結晶の彎曲を考えた理論を出されました。印度からきていた Goswami 氏がモンモリオナイトを用いて実験を行い、Cowley 理論を使って見事に説明いたしました (Acta Cryst. 印刷中)。その理論の結論は次のよ

Goodman 氏の強度測定法の **idea** は次のようなものです。第1図に於て一定電子流 E は deflector  $D_1$  にかけられた矩形波電圧によって断続的に曲げられ、孔 A を断続的に通過します。レンズ L によって focus された試料 S の廻折像は第二の deflector  $D_2$  に適当にかけられた静電圧により曲げられ scintillation counter C には適当な廻折 ring の電子流が入ってくることになります。その時 C に結ばれたメーターの読みを一定にするように  $D_1$  にかえられる矩形波の山巾を変えてやれば、山巾の変化が廻折図形の強弱を表わすことになります。これは非常に面白い **idea** です。又 deflector も初期の頃のようなオシログラフ用の平行板は使っておりません。第2図に示すように真鍮パイプを縦に4つに割ったものを plastic の孔につっこんでリード線を取りつけるという簡単なものですから space はとりません。第二の deflector  $D_2$  は  $70\text{mm}$  位の径



うなものです。もし結晶膜に彎曲があれば低次の指数をもった廻折像は結晶の厚い部分、高次の指数をもった廻折像はうすい部分によって生ずる。その効果は結晶の彎曲の度合がひどいほど強くあらわれる結晶膜の彎曲の度合が Gauss 分布をしているとすれば、廻折に寄与する有効膜厚  $H$  は  $s=4\pi\sin\theta/\lambda$  に対して

$$H s = \text{Const.}$$

与えられることになります。従ってモンモリオナイトのように割合軸長の大きな層状結晶を構成しているものでは、結晶系からは6回の対称性が期待されなくても、一つ一つの layer は6回の対称性をもっていますから、結晶膜に彎曲があれば廻折図形は6回の対称性を示しうることになるわけです。

Gjønnes 氏は最初旧型のカメラで NaCl の針状結晶の multiple spots の実験をしていましたが、余りはっきりした結果がえられなかった為、途中から非弾性散乱の廻折像に及ぼす影響の理論的研究にかりました。現在は面白い結果がえられたそうですが詳細はしりません。

私は BiOCl の薄膜を傾けて、傾き軸方向の電子廻折強度の変化を一定電圧のもとでいくつかの膜厚及び傾角に対し測定し、Cowley-Moodie 理論と比較しました (Acta Cryst. 投稿中)。うすい結晶膜が軽重原子を含む結晶から構成されているときは、Blackman の理論は適用されないで所謂多波近似を行わなければなりません。BiOCl の場合 Phase-grating 近似を用いかなり永い間数値計算をして実験と比較しましたが、結晶がうすい場合にはたしかにこの近似法によって説明することができます。加速電圧をかえた場合の変化は豪州では不可能でしたので、内地に帰ってから続けて実験を行っています。その他蒸着装置など電子廻折に附属した装置は別にとりたてていうこともありません。唯 ISAC (image seeking automatic computer) というのが組立中です。原理は minimum function を用いることにあるそうで、Sony の transistor を買いこんでかなり複雑な回路を組み上げていたようです。この装置は Moodie 氏の idea によるものですが、実際の配線等はすべてレトビア出身の Chakanovskis (チャカノフスキー) 氏がやっていました。Moodie 氏は非常に頭がよい理論家肌の人で Chakanovskis 氏は真面目な技術畑の人なのですが、どういふものかこの装置は 1957 年に Dr. Cowley が来日された時と私の帰る 1960 年 7 月と殆んど変りがありませんでした。Dr. Cowley はこの装置に関しては責任がないわけですが、余りひまがかかりすぎでは折角の idea が意味を失ってしまうのではないかと思います。

Dr. Cowley と Moodie 氏は御承知のように物理光学理論を用いた一連の電子廻折理論を発表しています。現在はそれらの中に含まれている若干の近似をもう少し正確にといた場合の結果を求めています。最近では電子回折に関する本を Oxford press で出版のため大分時間をとられている様子です。日本の電子回折の先生方にも一部の執筆の御依頼があったよう伺っておりますから、この本が完成すれば現在最もすぐれたものになるものと思います。

その他ソ連の Vainstein 氏の電子廻折による結晶構造解析の訳本が Division of Tribophysics の Spink 氏によって出版計画中であり、Dr. Cowley はその編集の相談にのっておられます。

私がおりました時 Age 紙に Cowley 研究室の活動情況が出ておりましたが、その活動に対する印象としてある教授が感想を次のようにのべていました。"This kind of eminence in research is usually due to the enthusiasm of the leader for a particular idea and to the effectiveness of his team. You often find that if the leader leaves and the team breaks up, the project comes to an end". 幸い日本の電子廻折グループはよい指導者にめぐまれており、多くの優秀な後継者がおられます。私もそれらの方々の後について将来とも研究をしてまいりたいと思っております。

#### 附 記

日本の色々な測定器や装置がすぐれていることは研究者には知られています。しかしこの maker が何を作っているのか、又どういう風にしたらパンフレット類が入手できるか等の質問をよくうけました。それに反して欧米の maker はよく宣伝がゆきとどいています。あちらで作っているものを輸出しようとするとは非常に反撥をうけますが、科学器械などとはもっと進出してもよいのではないのでしょうか。

## **Impressions of Kansai.....An eleven-day visit**

G. W. Brindley\*

Dr. Nakahira's request that I should write a short account of our recent visit to Kansai is one that I am very happy to undertake. It will be difficult to keep it short enough because we had a very full program, for which we were indebted to many people and organizations for making arrangements for us and for taking care of many of the costs of the trip. We want to express a very big "Thank you" to all who helped us, and especially to those who remained in the background and whom we have been unable to thank directly.

The trip maintained a very pleasant balance between sight-seeing, dinner parties and social entertainments of various kinds on the one hand, and lectures, discussions, visits to universities, research institutes and industrial plants on the other. Inevitably some things had to be omitted and I hope those whom I was unable to visit will not feel aggrieved; perhaps there may be other opportunities.

Two major activities were the lectures I gave to the Japanese Ceramic Association at its annual meeting in Nagoya, and to a joint meeting of the Crystallographic Society and the Osaka branch of the Ceramic Association in the University of Osaka. On both occasions I talked about crystal structure aspects of solid state reactions, one of my current research interests (but not the only one!). At Nagoya, I was greatly assisted by the running translation of my friend and collaborator, Dr. Nakahira.

An unexpected pleasure was a dinner party arranged by Penn State Alumni in the Osaka area. Twelve of us spent a festive evening at Taiko-en and I gave an account of the many developments now taking place at the Pennsylvania State University.

At the Kawasaki Rozai Research Institute in Kobe, I gave a talk on "Ceramic Education at Penn State".

In the course of the tour, I had a privilege of visiting a variety of industrial plants and industrial research institutes, including Nippon Electric Glass Co., Nippon Plate Glass Research Institute, Yamamura Glass Works, Noritake (porcelain and grinding wheel divisions), Nippon Cement Co. in Osaka, Nippon Tokushu Togyo Kaisha, Nippon Gaishi Kaisha, Kawasaki Rozai Research Institute. These visits, together with others I have made in the Tokyo area, have greatly impressed me with the efficiency and research-mindedness of Japanese industry. I saw much ingenious equipment, well laid out operations, pleasant, spacious buildings with good light and ventilation, and happy faces among work people. One thing I specially noticed was the development and maintenance of instrumentation by the industries themselves, probably with less dependence on instrumentation companies. I was also impressed by the fundamental character of some of the research programs and regretted that I could not spend more time in some areas. Instrumental facilities for research often were very good, even in small laboratories, and I can recall seeing only Japanese-made equipment.

The time spent in universities was much too short, but this was unavoidable. In Kyoto, it was a special pleasure to meet again Professor T. Ito, in the Mineralogical Department,

---

\* DEPARTMENT OF CERAMIC TECHNOLOGY, PENN. STATE UNIV.

and Dr. M. Tashiro (who was at Penn State a few years ago) in the Research Institute for Chemistry. At the universities of Osaka and of Nagoya I was able to visit the science faculties and meet some old acquaintances and make many new ones. It was nice to see again Dr. Watanabe, Dr. Noda, and Dr. R. Uyeda (all of whom have been at Penn State), and to exchange thoughts on electron diffraction with Dr. E. Suito, Dr. R. Uyeda, and Dr. K. Nagasawa. The visit to the Government Industrial Research Institute was much too short for all the interesting things in progress there.

Here I should like to digress a moment and say that one of my objectives in coming to Japan was to get to know more about electron microscopy and diffraction, for in this field Japanese scientists and technologists are world-famed. My contacts on this trip, and also here at the Tokyo Institute of Technology with Dr. Honjo and Dr. Kitamura and their research group have been very interesting and worth-while. I should also mention a visit to the Central Research Laboratory of the Hitachi Company.

As opportunity permitted my wife and I visited some of the famous shrines, temples and gardens for which Kansai is renowned. My memory will be aided by many color slides. I will not attempt a complete listing, but would like to mention the visit to the private gardens of the Imperial Palace, a rare privilege we greatly appreciated, a visit to the Ken-kun Shrine to the parents of a Japanese friend in the U. S. A., visit to Mount Hiei and Mount Rokko, a notable Sunday spent in Nara, a restful night on the shore of beautiful Lake Biwa. The opportunity to see the Miyako-Odori in Kyoto was a special pleasure and many gracious evenings in Japanese-style restaurants, even including Geisha entertainment now and again, were a great delight. A few gay parties also will remain clearly in my memory.

Interest in clay mineralogy was taken care of by a visit to the Seto area, and a specimen of Gairome clay will return to the U. S. A. with me, as well as some artistic fired samples! We also had a happy visit with Mr. Seisei Suzuki and saw some of his fine art work.

If I am asked what stands out above all else in my memory of this trip, two things must be mentioned. Above and beyond everything else, my wife and I say without any reservation or qualification, the kindness, thoughtfulness, and generosity of Japanese people everywhere and at all times. The second thing which stands out is the Japanese regard for punctuality. Most things run on time in Japan and this suits me very well.

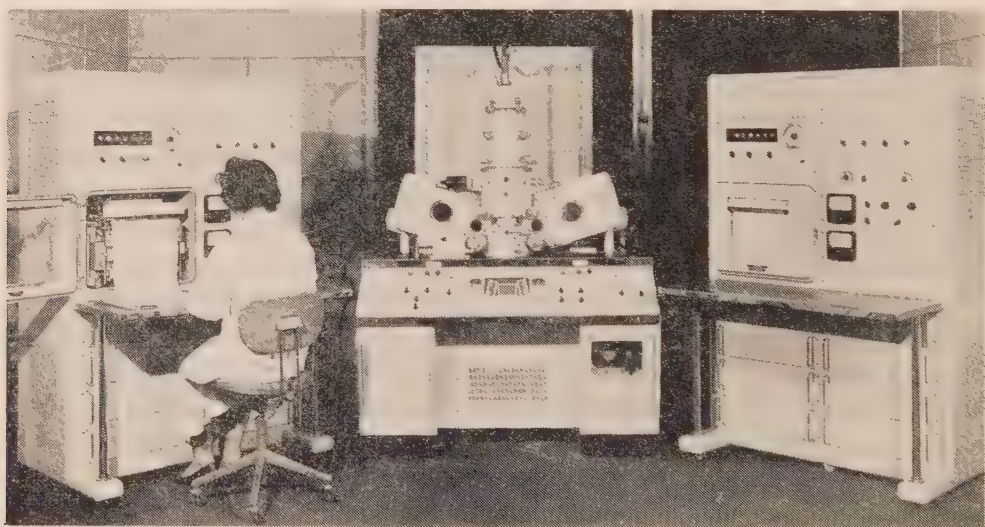
And is there anything I don't like in Japan? I can think of one thing only Japanese Kanji! If the language were written in 25 simple characters (most languages get along pretty well with fewer than thirty), I would make an effort to learn it. My wife (despite Kanji) has made some progress, but ordinarily in a foreign country one learns a great deal from shop windows, public notices, etc., etc. But this is not possible in Japan. I believe the language problem is the major barrier to better East-West understanding and it is not sufficient that many Japanese learn English; a two-way process is necessary.

To summarize our thoughts on Kansai — it has been a wonderful trip with never a dull or idle moment. We have seen the busy urban areas, wonderful natural scenery, many historic and beautiful buildings, and many friendly people.



## X線マイクロアナライザ（日本電子KK）

近年、金属、鉱物等固体試料の研究において、局所的な微小領域の分析の必要性が増大しつつあり、各方面で、分析領域を局部化するための努力が払われている。X線マイクロアナライザは、この目的に応える装置のひとつで、固体試料表面の任意の場所を、非破壊的に分析できることが特徴である。この装置では、電子光学系を用いて電子線の直径をほぼ  $1\mu\phi$  にしぼり、特殊な光学顕微鏡によって試料を観察しながら、分析したいと思う場所を照射する。電子線は、深さ  $1\sim 2\mu$  ぐらいまで試料中に侵入し、また若干側方へも拡散して、試料表面の数  $\mu^3$  の体積を照射し、X線を発生させる。これを彎曲結晶を用いた真空X線分光器で分光し、波長と強度を測れば、この微小領域中に、いかなる元素がいくら存在するかを知ることができる。



写真の装置は、日本電子光学研究所で製作されたJXA-2型X線マイクロアナライザで、その、特徴、性能の概略は次の通りである。

### 特 徴：

- (1) 分析すべき場所の選択が自由に、かつ確実に行なわれる。倍率400倍、偏光照明装置つきの特殊光学顕微鏡で試料を観察しながら、分析を行なうことができる。試料移動装置の精度は  $1\mu$  以内である。
- (2) 分析領域が小さい。これは試料面上の電子線の直径と加速電圧、および試料の性質できまる。電子光学系は2段集束レンズで構成され、電子線の直径を  $1\mu\phi$  以下に絞ることができる。加速電圧は  $5\sim 50\text{kV}$  11段可変で、試料の性質に応じて、もっとも適した値をえらぶことができる。
- (3) X線の波長は高い精度で且つ容易に読みとれる。分光結晶の角度位置は目盛円盤に刻まれ、それが操作盤上に拡大投影されているため、読み取りが容易である。
- (4) 定量分析の精度が高い。比較的條件の良い場合に、補正を施したX線マイクロアナライザの分析値は化学分析値の  $\pm 10\%$  以内に入る。
- (5) 測定のパフォーマンスが良い。この装置では、同時に2元素の測定を行なうことができる。また試料室の air lock 装置により、装置を運転状態のまま、 $1\sim 2$  分で試料交換を完了させることができる。
- (6) 操作が単純、容易、安全である。操作盤は十分に単純化、系統化され、全操作を1カ所で行なう

ことができる。また誤操作および事故に対する安全装置、警報装置が完備している。

主要性能：

- (1) 分析しうる波長範囲。1次反射によって  $0.872\sim 12.7\text{\AA}$ .  $_{11}\text{Na}\sim_{92}\text{U}$ .
- (2) 検出感度。鉄の Matrix に含まれる銅に対する検出感度は 0.1%以下。銅に含まれるアルミニウムに対しては 5%以下。
- (3) 測定精度。X線強度の測定値の再現性はほぼ 1%。補正を施した定量分析値は化学分析値の $\pm 10\%$ 以内。
- (4) 分析領域の大きさ。通常  $2\sim 3\mu^3$ .
- (5) 付属装置をとりつけることにより、試料装置をとりつけることにより試料表面に在存する元素の分布状態を陰極線管の螢光面上に描かすことができる。

### “新製品” Dow Corning 704 Fluid

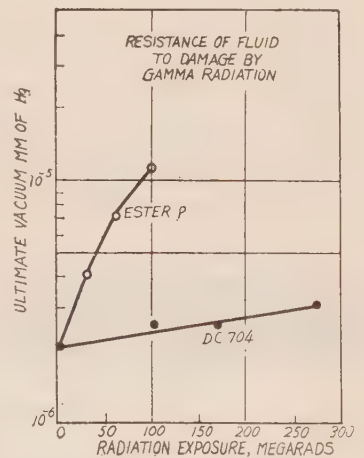
——拡散ポンプ用シリコーン油——

従来より、拡散ポンプ油としてダウ・コーニング社の DC702および DC703が市販されている。これらは④蒸気圧が低い。⑥熱安定性。⑦化学的不活性等拡散ポンプ油としての必要条件をそなえて居り、真空度も  $10^{-5}\sim 10^{-7}\text{mmHg}$  程度は容易に得られ、空気酸化が殆んどなく寿命が長く、経済的で、日本でもブラウン管、電子顕微鏡、真空冶金、金属の真空蒸着等広く使われている。所で、これら従来品は最高到達真空度に於いて残念乍ら二、三の有機油にその雄を譲っていた。(第一表)そこで、新たに研究開発されたのがここに紹介する DC704 である。DC704 は DC704 等と異り低い蒸水圧をもった一成分系のシリコーン油で、到達真空度、ポンピングスピード等最高級の有機油より優れている。又本品の注目すべき特徴は耐放射線性に優れていることである。

以下、DC704 の特性の一部を紹介すると次の通りである。

○耐ガンマー線性；この性質は今迄余り認識されていないが、原子力開発、放射線利用の発展に伴って大きな問題となりつつある。DC704 及び ESTER-P につきコバルト 60 より放射されるガンマー線を照射した場合の最終到達圧力の変化を調べると〔第一図〕の如くである。尚、従来品 DC702 は大略 Ester Pと同じ傾向になる。

○到達真空度；数種のポンプで、DC 703, Ester系, 石油系 (Apiezon C), DC704 を比較した結果が〔第一表〕である。この表より DC704 は、F-1103 ポンプをのぞいてどのポンプを用いても最高の真空度が得られることが分る。



第 1 図

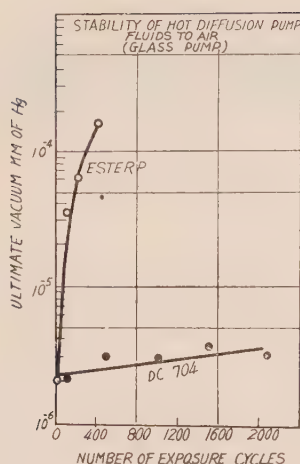
〔第 1 表〕 最高真空到達度 (25°C, mmHg $\times 10^6$ )

Pump	Ester <sup>1)</sup>	Hydro-carbon	DC-703	DC-704	Gauge
Modified speedivac <sup>2)</sup> 203	—	19.0	10.0	4.0	Hi-speed 1G-2 (Edwards)
Speedivac 203 B <sup>3)</sup>	1.7	2.8	8.0	0.68	"
" F-203 <sup>4)</sup>	1.5	0.95	3.1	0.66	"
" F-1103 <sup>5)</sup>	—	0.1(13°C)	—	0.1(13°C)	"
GF-25-W <sup>6)</sup>	0.11	0.12	—	0.09	Narrow-tube VG1A(CV)

1) Ester S (di (2-ethyl-hexyl) sebacate)

2)~5) Edwards High Vacuum Ltd., 製 Three Stage Metal Pump.

6) Consolidated Vacuum 社製 horizontal glass three boiler fractionating Pump.



〔第 2 図〕

○耐酸化性；single stage のガラスポンプを用いて Ester P と DC 704 のサイクルテストを行った結果は〔第2図〕の通りである。

この結果では、DC704 はサイクル後でも色、屈折率、凍結点、赤外線吸収率等全く不変で、粘度も5%減少する程度である。これらのデータは金属ポンプ（例えば CVC G-4型）の場合もほぼ同様であるが、この場合800～900サイクル程度で、油の色が多少黄金色を呈する。勿論、バキューム効果は全く不変であった。一方、石油系やエステル系の油はポンプ内にカーボンやタール等の沈澱物を生じ、300～400サイクルで使用不可となる。

○物理的特性

粘 度	CS 25°C	39
屈折率	25°C	1.5565
凍結点	°C	-38
沸 点	0.5mmHg, °C	215

Vapor Pressure constants\* A=11.025

B=5570

蒸発潜熱, kcal/gr·mol

25.5

$$* \log_{10} P = A - B/T$$

P=蒸気圧, mmHg

T=絶対温度, °K

## 参 考 文 献

- 1) DOW CORNING カタログ
- 2) ARNOLD R. HUNTRESS and A. LEE SMITH 及び B. D. POWER and N. T. M. DENNIS  
“A NEW SILICONE DIFFUSION PUMP FLUID”.

上記製品はエ・ア・ブラウン・マクファレン株式会社（東京都中央区銀座二丁目三番地米井ビル）シリコン課で取扱っている

## 新 刊 書

E. Brandenberger u. W. Epprecht, “Röntgenographische Chemie,” 2te, erweiterte Auflage, Birkhäuser Verlag, Basel & Stuttgart (1960).

この特異な題目の著書は1940年代に Brandenberger 単独の著書として刊行された同名のモノグラフの第2増補版である。日本訳として題名を何とするのが適当であるかわからないが、意識すればX線回折化学とでもいうべきであろうか。副題として“化学におけるX線および電子線干渉利用の研究の可能性と成果”というのがついているところから著者等が何を意図しているか察せられるであろう。著者の一人 Brandenberger は ETH の教授であって、材料試験研究所の所長、他の一人 Epprecht も ETH の教授で工業物理学研究室の一員ということである。Brandenberger は1930年前後の時代に鉱物の結晶構造などを報告していた学者である。

本書はB5版よりやや小さめで、本文262頁、8章にわかれている。第1章は結晶の本質、低分子および高分子化合物、第2章は結晶性物質のX線回折による研究の方法、ただしこの章には電子線回折と中性子線回折の2節も含まれている。第3章は結晶相と非晶相、第4章は結晶種の特徴としてのX線干渉、第5章はX線回折による混合物分析と全系のX線の探索、第6章は結晶状態の特徴としてのX線干渉、ただしこれにも電子線干渉による特色付けを含んでいる。第7章は固相における相転移と化学反応の研



究に対する方法としてのX線干渉、第8章は固体の構造の特色としてのX線干渉(X線による結晶構造決定)、以上の8章で全部であるが、各章毎に一般的な文献と代表的な実例についての文献が参考として集録されている。

この本の材料の配列は全く副題の示す意図に従って配慮されており、全般的にわたった批判的な記述になっている。従ってこの書のみによって実際の研究を行うことの出来るような性格のものではないが、またそれ故、実際の実験上の参考書としては不向きであるが、X線回折の現象が化学的研究にどのように利用され得るかということの全体のまとまった知識を得たいという人々には有用な書であると考えられる。ことに今日のように研究機関や産業界において総合的な研究がいよいよ必要となってきた時代には、どこでも一応はX線回折装置を備えており、その活用がのぞまれている現状であるから、この書はこのような要望に対しては有意義であると思われる。ただこのような総合的な企画の内容は現在はまだことに豊富なものとなっているので、本書のよさでは充分といえないような気もする点が若干ある。たとえば触媒の研究などにはもうすこし立入ったものが欲しいと思われる。また本文の記述の性格にもよるわけであるが、事項索引はついていて、人名索引がないものなりぬ点である。ともあれ、多少希望すべきこともあるけれども、本書は類書のすくない点で、特異の存在たる意義は充分あるであろう。第2版の刊行をその意味でよろこびたい。

(仁 田 勇)

L. S. Birks 著 X-Ray Spectrochemical Analysis Interscience Publishers,  
(1959), p. 137. ¥2,300

著者は、蛍光X線分析については数多くの研究を発表している人である。内容はページ数からも想像されるように蛍光X線分析とはどんなものかごくあらましを紹介したものである。まとまった単行本としては von Hevesy の著書以来この方面では20年ぶりのものである。ごく新しいデータ、各種装置の写真などを期待される人には期待外れの感がされるむきもあろう。しかし、原理から始まって装置についての一般的説明、分析的な応用、更に一般的な応用と、また最後には、新しい応用分野をもつものとして Electron Probe Microanalyzer について一章をさいているなど蛍光X線分析の現状のあらましを知るうえには好適なものといえる。著者も緒言で述べているように蛍光X線分析法の応用面での進歩のめざましいことを考えれば、基礎的なことについては本書は充分責を果しているといえよう。

なお、附録として、分光用の弯曲結晶の作り方を述べている。

(長崎 誠三)

H. A. Liebhafsky, H. G. Pfeiffer, E. H. Winslow and P. D. Zerny 著

### X-ray Absorption and Emission in Analytical Chemistry

John Wiley & Sons, Inc., (1960), P 357, ¥5,400.

著者等は General Electric の研究者たちであって、表題の分野では研究者であると同時にまた装置の発展にも貢献している人達である。対象としては、実際に蛍光X線分析、或いは吸収分析を行っている人たち、またこれから行おうとする人達を主としている。従って、Birks の著書に比べれば、より実際的に、またデータ、装置の写真、仕様など豊富にとり入れられて書かれている。更に特徴的なことは吸収分析について1/3のページ数をさいて説明していることである。これは、わが国では未だ余り実用化されていないが、工業的に製品管理の面での応用の重要性を示唆しているものといえよう。

同じ出版社による Klug and Alexander の X-ray Diffraction に関する著者がデイクラクトメータについての実技の書といえたとすれば、これはスペクトロメータについての実技の書といえよう。各種常数についても附録として20ページにわたって巻末に収めてある。

目次は: 1. Origin and Properties of X-rays.

2. The Measurement of X-ray Intensity. X-ray Detectors.

3. Absorptiometry with Polychromatic Beams.

4. X-ray Spectra and X-ray Optics.
5. Absorptiometry with Monochromatic Beams.
6. The determination of Film Thickness.
7. X-ray Emission Spectrography. General.
8. X-ray Emission Spectrography. At Low Intensities.
9. Notes on Equipment. Representative Spectrographs.
10. Reliability of X-ray Emission Spectrography.
11. Special Topics.

なお、この著書は近く邦訳が出版される予定である。

(長崎 誠三)

仁田勇監修 **X線結晶学** 上, 下 1959, 1961 丸善発行 上2,800円, 下3,800円

X線結晶学と云えば古くは同名の著書が吉田卯三郎氏によって書かれ広くこの方面の啓発に役立ったが、その後のX線結晶学自体の発展のみならずそれを通じて一般の物理、化学、地学、窯業その他多方面にわたるX線の応用の進展は、やがては同著の新しい観点に立った書き直しが、誰かの手によって企てられなくてはならない段階に来ていた。この様な時期に本書が刊行されたと云うことは誠に学問の進歩に貢献するところが大きい。

本書はそれぞれの方面に於ける研究者がみずから筆をとって書き、それを各部の責任者が統一すると云う形式をとった。今ここに各章に亘ってそれを紹介することは紙面の都合上不可能であるが、各部の題目と編輯責任者は次の通りである。

- 上巻 第一部 X線結晶学の基礎 三宅静雄  
 第二部 X線結晶学の応用 桐山良一  
 下巻 第三部 結晶構造解析 渡辺得之助  
 第四部 X線回折の特殊問題 柿木二郎

執筆者は上下巻を通じて44氏に達し、それぞれその方面の権威であり尚第一線に活躍している人々である。従ってその内容は具体的であると共に **up-to-date** のものである。勿論本書の性質上個々の問題について詳しくのべると云うよりは、各方面の研究に於ける全体の趨勢の開明と云う点に執筆の重点がおかれている。

一般にX線の応用にたずさわる人々にとっては自らX線結晶学の **background** を勉強することは可成りおっくうな事である。本書の第一部は恐らくはそうしたことを頭において編集されたものであろう。ここにはX線の一般的性質、対称の知識、X線回折の理論等のみならず各種の実験測定法がのべられる。殊に第一線に具体的に活躍している人々によって書かれたと云う特徴が、色々の研究に於けるコツと云うものの暗示となって方々ににじみ出て来る。第二部は第一部の知識を足場として自然科学諸部門への応用に入る。読者は自己の専門の部門に於けるX線的研究のあり方について大いに参考とし得る知見を得るのみならず、他部門に於ける学問の進展の一断面を気軽に知ることが出来る。そして自分が直接たずさわらない問題のより詳細な検討については各章の脚註にみられる豊富な文献が役立つ。これは上、下巻を通じて云えることで、本書が一般的趨勢の解明に努力を集中しているからである。

下巻は最後の二部、結晶構造解析及びX線回折の特殊問題を取りあつかう。上巻にくらべていわば **advanced course** とでも云うべきものである。第三部は構造解析の精密化に関する最近の知見の紹介に重点がおかれ、それと密接な関係ある各種測定法の検討がなされる。しかしながら直接構造解析にたずさわらない人々にとっても、この部にとりあつかわれている色々の議論は、自分の研究にとり入れられるべき多くの示唆を含んでいると私には思われる。第四部は特殊問題と云う題目で非晶質物質、熱振動、格子不整その他第三部までに一般的問題として取扱われなかった事項に関する紹介であり、読者のある人々にとっては最も興味ある部であるかも知れない。そして我々の物質に関するより深い知見の獲得に

X線回折現象が如何なる役割をはたしているかを具体的に示したものと云えよう。そして又従来ほとんど取り扱われなかった動力学的理論がその簡単な応用と組合せて可成り詳細に論ぜられている編輯者の努力は多としなくてはならない。

最後に附録としてX線回折現象の解釈にしばしば利用される数学的知識の要約と各種の表が添えられているのは、読者にとって親切な配慮である。

多くの人々が執筆し一冊の本とする場合、ことにそれが多方面の事項に亘る場合、その各章の重点がてんでばらばらになる例が多いが、本書の編輯に当っては執筆者間の連絡、討議が可成りよく行われたらしく思われ、多少のニュアンスの相異はあっても一冊（二冊であるが）の本として統一のある解説書となっており、自然科学各部門の研究者が座右に置いて簡単に且つ便利に出来るものであることは疑いもない。

（中平 光興）

## ニ ュ ー ス

### 1. 国際磁気結晶会議

本年9月25日より30日までの1週間京都市岡崎京都会館で開催される国際磁気結晶会議の準備は順調に進行中である。3月末で論文提出を一応締切り、4月に入って直ちに整理にかかり、受理論文の決定、時間の配分、仮プログラムの編成に着手し、このほど（5月中旬）かなり最終的のプランが作られた。第II部粒子線回折国際シンポジウムには約100編の論文が読まれる予定である。この中、約80編は電子回折（国外より約45編）、20編は中性子回折（国内より5編）を扱っている。この他に、第I部（磁気国際会議）との合同になる Joint Sessions で、中性子の磁気散乱の問題が扱われ、約20編の論文が読まれる。

当初電子回折6セッション、中性子回折2セッション、Joint 2セッションを予定していたが、提出論文の数が予想を遙かに上回ったため、電子回折は9セッションにまさざるを得なくなり、晩をも使うことになった。詳しい仮プログラムは会議参加申込み者に目下配布しつつあるが、時間割は次のようである。

- |        |   |
|--------|---|
| 月(25日) | 9.30—10.30 : 発会式  |
|        | 10.50—12.30 : Gas electron diffraction (Brockway)   |
|        | 2.00— 5.30 : Scattering phenomena in e. d. (1) (Ewald, Kato, Raether, Cowley),                      |
| 火(26日) | 9.00—12.30 : (i) Gas electron diffraction.  |
|        | (v) Joint Session (1) (Shull, Koehler)  |
|        | 2.00— 5.30 : Diffraction effects in e. m. images (1) (Hirsch, Uyeda)                                |
|        | 7.00— 9.20 : Scattering phenomena in e. d. (2) Diffraction effects in e. m. images (2)              |
| 水(27日) | 9.00—12.30 : General problems of n. d. (Bacon)  |
| 木(28日) | 9.00—12.30 : Joint Session (2) (Hastings, Wilkinson)  |
|        | 2.00— 5.30 : Scattering phenomena in e. d., (3)   |
| 金(29日) | 9.00—12.30 : Inelastic scattering in n. d., Structure Studies by n. d. (Brockhouse Frazer)          |
|        | 2.00— 5.30 : Diffraction effects in e. m. images (3) Technique and application of e. d. (1) (Honjo) |
|        | 5.30— 9.20 : Technique and application of e. d. (2)   |
| 土(30日) | 9.00—12.30 : Structure studies by e. d. (Pinsker, Ogawa)  |

(e. d. ; electron diffraction, n. d. ; neutron diffraction, e. m. ; electron microscope)

上にあげた人の名前は講演を特に依頼した人で、それぞれ25分の予定である。他の大部分は15分また



は10分の講演である。

以上のほかに、Beer Party, Excursion, などが計画されている。

論文はプレプリントが用意され、後にプロシーディングスが物理学会ジャーナルの特別号として発行される。プロシーディングスは参加者は特価で予約できる。

現在予想される参加者は、第Ⅱ部については約 200 人（国外約50人）である。参加希望の方はいまからでも至急、学術会議調査課、国際磁気結晶会議係宛申しこまれない。参加費は2500円（あとで徴集）である。文部教官には旅費滞在費の或る打切額（基準計算の約 $\frac{1}{2}$ ）が国費から支出されることになっている。（三宅 静雄）

2. 日本学術会議結晶学研究連絡委員会の委員改選等について

日本学術会議の改選に伴う結晶学研究連絡委員会の委員改選について当時の研究連絡委員長は日本結晶学会会長に対して、次期委員候補者の学術会議への推薦を依頼された。結晶学会評議員会は推薦すべき候補者（定員17名）の中 1 名は学術会議会員藤原武夫とし、残る16名は正会員の一般選挙により決めることを決議した。評議員会の指名になる選挙規則立案小委員会（委員：三宅、上田良、小川、定永、高良（幹事））の立案に基き 1 次及び 2 次の 2 回にわたる選挙が行われた。その投票結果は次の通りである。（選挙規則については下記の註を参照されたい）

第 1 次選挙（定員40名）、投票率20.6%

分野別当選者（数字は得票数）

P		C		M	
三宅 静雄	42	仁 田 勇	27	定 永 両 一	32
上 田 良 二	35	斎・藤 喜彦	26	竹 内 慶 夫	22
高 良 和 武	29	渡 辺 得 之 助	23	中 平 光 興	11
小 川 四 郎	25	森 野 米 三	16	伊 藤 貞 市	10
柿 木 二 郎	14	桐 山 良 一	12	森 本 信 夫	9
加 藤 範 夫	14	水 渡 英 二	10	土 井 健 治	5
本 庄 五 郎	13	富 家 勇 次 郎	9	犬 塚 英 夫	4
渡 辺 得 之 助	12	大 崎 健 次	7	丸 茂 文 幸	3

選挙規則 1. 2. (2)項による当選者

星 埜 禎 男	13	細 谷 資 明	9	関 集 三	7
高 木 豊	7	田 中 憲 三	7	高 木 佐 知 夫	6
橋 本 初 次 郎	6	角 戸 正 夫	6	西 山 善 次	6
小 村 幸 友	4	鈴 木 平	4	高 木 ミ エ	4
永 宮 健 夫	4	藤 原 武 夫	4	渡 辺 伝 次 郎	3
藤 田 英 一	3	次点 飼沼 芳郎	3	(選挙規則 1. 2. (3)参照)	

上記当選者による第 2 次選挙の投票結果は次の通りである。

第 2 次選挙（定員16名）、投票率80%

分野別当選者

P		C		M	
三宅 静雄	28	仁 田 勇	22	定 永 両 一	34
上 田 良 二	21	森 野 米 三	17	竹 内 慶 夫	15
小 川 四 郎	20	斎 藤 喜 彦	15	伊 藤 貞 市	7
選挙規則 2. 2.(2)項による当選者					
渡 辺 得 之 助	19	高 良 和 武	13	柿 木 二 郎	11
本 庄 五 郎	10	加 藤 範 夫	8	星 埜 禎 男	7

桐 山 良 一      6      次 点 水 渡 英 二      5      田 中 憲 三      5

投票結果は上記の通りであるが、I. U. Cr. の国際会議における専門分野の分類を参照すると定員を1名増加することが妥当であるとの見解に達したため、結晶学会会長よりこの旨学術会議へ申込を行ったところ当局の承認を得たので、上記投票結果の次点者を1名繰り上げ学術会議へ推薦が行われた。従って近く発令を予定される新委員は次の18名である。(ABC順)

藤 原 武 夫	本 庄 五 郎	星 埜 禎 男	伊 藤 貞 市
柿 木 二 郎	加 藤 範 夫	桐 山 良 一	高 良 和 武
三 宅 静 雄	森 野 米 三	仁 田 勇	小 川 四 郎
定 永 両 一	斎 藤 喜 彦	水 渡 英 二	竹 内 慶 夫
上 田 良 二	渡 辺 得 之 助		

#### 註. 選挙規則

選挙を1次および2次の2回に分ける。第1次選挙では、結晶学会全会員の投票により、第2次選挙の選挙人(40人)を選ぶ。第2次選挙で前述の40人により、結晶学研究連絡委員会委員を選ぶ。

### 1. 第1次選挙

#### 1.1. 投票規則

- (1) 選挙人は日本結晶学会正会員とする。
- (2) 被選挙人に**日本結晶学会正会員**とする。
- (3) 所定の用紙に**10名連記**とする。ただし10名全部を書く必要はない。
- (4) 各候補者の名前の左側の相当欄に**物理系**、**化学系**、**鉱物系**のいずれか1つ候補者にとって最適と選挙人が思う分野を **P, C, M**, の記号でしるす。
- (5) 無記名投票とする。
- (6) 11以上書いたときは無効。  
同一人を2回以上書いたとき、その人の票は無効。  
分野別を記さなかった候補者については、開票のさい分野別による優先選出は行わない。

#### 1.2. 決定方法

- (1) 分野別に候補者の票を分け、それぞれの分野で得票順に8人を選ぶ。(同一の候補者が2つ以上の分野にまたがっているときはそれぞれの分野について票数を計算する。)
- (2) (1)で選んだ人を除き、残り的人から得票順に16名を選ぶ。(1)で2つ以上の部門に分けられた同一人の票は、ここでは1つに集計される。)
- (3) 同点の場合は年少者を先にする。

### 2. 第2次選挙

#### 2.1. 投票規則

- (1) 選挙人は第1次選挙で選ばれた40名とする。
- (2) 被選挙人には制限はつけない。
- (3) 所定の用紙に10名連記とする。ただし10名全部書く必要はない。
- (4) 各候補者の名前の左側の相当欄に**物理系**、**化学系**、**鉱物系**のいずれか1つ候補者にとって最適と選挙人が思う分野を **P, C, M**, の記号で記す。
- (5) 無記名投票とする。
- (6) 11名以上書いたときは無効。  
分野別を記さなかった候補者については、開票のさい分野別による優先選出は行わない。

#### 2.1. 決定方法

- (1) 分野別に候補者の票を分け、それぞれの分野で得票順に3人を選ぶ。(同一の候補者が2つ以上の分野にまたがっているときはそれぞれの分野について票数を計算する。)

- (2) (1)で選んだ人を除き、残りの人から得票順に7名を選ぶ。(1)で2つ以上の分野に分けられた同一人の票はここでは1つに集計される.)
- (3) 同点の場合は年少者を先にする.
- (4) 決定した候補者に事故あるとき、また推薦を辞退した場合には次点者を繰上げる.

### 3. 開 票

- (1) 開票は在京評議員幹事および一般会員有志の立会のもとで行う. 公開とする.
- (2) 開票結果は公開とする. 当選者にはそれぞれ通知し、結果は最近号の結晶学会誌に公表する.

5月15日上記新委員による初会合が学術会議会議室において開られ、藤原武夫が委員長に再選され、渉外幹事として渡辺得之助、国内連絡幹事として星埜禎男、定永兩一、竹内慶夫が夫々指名された。尚審議決定をみた主な事柄は、I. U. Cr. の Commission on Crystallographic Computing の日本における correspondent として竹内慶夫が推薦され、本年6月にフランクフルトで開催される同委員会の会議には日本代表としてベルンに留学中の飯高洋一に出席を依頼することになったこと等である。

(竹内 慶夫)

## 会 報

### International Conference on Scientific Information in the Field of Crystallography and Solid State Physics

国際結晶学連合の結晶資料小委員会(委員長 J. D. Bernal)が表記の国際会議を日本において開催したい旨の要望について、同小委員会の secretary O. Kennard と吾が国の委員定永兩一との間で昨年来意見の交換が行われていましたが、本年9月末京都で開催予定の国際磁気学、結晶学会議の機会を利用してこれに引きつづき下記の次第で上記国際会議を開催する運びとなりました。この会議は結晶学研究連絡委員会の承認の下に日本結晶学会が主催するもので、関心のある科学者に広く公開で行われる予定です。

#### 記

1. 日 時 昭和36年10月3日、4日
2. 場 所 関西学院大学理学部(西宮市上ヶ原)
3. 会議の主旨

最近結晶学および固体物理学関係の資料の集録が急速に行われつつあるにもかかわらず、これらの集録に従事する各機関の間の連絡が充分でない状態にあるので、関係者はなるべく多くの機会を設けて国際協力についての意見を交換する必要がある。又京都における国際磁気学・結晶学会議には各国からこれら学問分野の学者が多数集ること、および非国際的な言語を有する国において出版された論文中のデータの集録法に種々の問題があるので、日本で今回この会議を開らくのは有意義である。

#### 4. 会議の内容

一般問題として情報の集録方法、分担、各機関間の連絡、出版方法、circulationの問題、又特殊問題として非国際的言語の論文の取扱い、電子線及び中性子線回折のデータの取扱い等が論じられる予定で主な外国人講演者としては J. D. Bernal の外に、H. Brownson, G. Wadlington, J. Wyart, A. J. C. Wilson, O. Kennard, R. Pepinsky, V. Vand, J. D. H. Donnay, W. Nowacki, G. B. Bokij 等が予定されている。



5. 参加希望者は氏名、住所を明記の上、講演される場合はその題目をそえて9月1日までに下記へ申込まれたい。

大阪市北区仲之島 大阪大学理学部 渡辺得之助

### 昭和36年度評議員の半数改選の投票結果について

表題の選挙は評議員および正会員推薦の17名の候補者につき去る3月正会員の一般選挙により行われた。投票率30%で、開票の結果次の10名が決定した。(ABC順、数字は得票数)

藤 原 武 夫	59	橋 本 初 次 郎	34	星 埜 禎 男	41
加 藤 範 夫	43	水 渡 英 二	35	関 集 三	46
三 宅 静 雄	72	森 本 信 男	36	中 平 光 興	43
渡 辺 得 之 助	63	(次点 細谷 資明 30)			

上記評議員の任期は2年であるが、任期1年の本年度評議員は次の10名である。

本 庄 五 郎	飼 沼 芳 郎	高 良 和 武	仁 田 勇
小 川 四 郎	斎 藤 喜 彦	高 木 豊	竹 内 慶 夫
上 田 良 二	上 田 隆 三		

尚、会長、幹事等の氏名は下記評議員会記事を参照されたい。

### 評議員会記事

#### ◇611

昭和36年3月31日 12.00—13.00

於 早稲田大学19号館会議室 出席10名 欠席10名

結晶学研究連絡委員会委員改選及び評議員半数改選の選挙結果報告(上記参照)等の報告が行われた新入会員22名が承認された。(下記参照)

#### ◇612

昭和36年4月1日 12.00—14.00

於 早稲田大学19号館会議室 出席16名、欠席4名

主な承認、決定事項は次の通りである。

1. 選挙の結果、渡辺得之助が次期会長に選ばれた。会長指名による幹事は、**庶務** 竹内、**会計** 森本、**編集**、三宅、斎藤、関、竹内(兼任)である。
2. 昭和35年度ギニエ賞は推薦のなかったことが報告された。
3. 会務の運営の能率化、向上をはかる為下記の如き小委員会を設け、それぞれ委員の推薦が行われた。
  - a 行事小委員会  
星埜(幹)、中平、関
  - b 学会賞等小委員会  
中平、水渡、上田(良)(幹)
  - c 会計小委員会  
森野(幹)、中平、上田(隆)
4. 次の昭和35年度会計報告が承認された(単位円)

収 入	
前 年 度 繰 越	7,550
会 費	93,150
振 替 貯 金 利 子	900
賛 助 会 費	110,000
寄 金	137,000
World Directory 売上金	10,800
購 入 費	54,000
	359,400

尚，特別会計としての貯金高

	356,510
利 息	2,893
合 計	359,403

は本年度より一般会計に編入される。

支 出	
印 刷 費	209,500
郵 送 費	21,140
事 務 費	9,310
事 務 用 品 費	2,740
学 会 費	11,750
雑 費	24,210
World Directory 購入費	54,000
	332,650

残 高 26,750

新 入 会 員

氏 名	専 門	勤 務 先	現 住 所
月 館 隆 明	鉱 物	武蔵野市関前10 鉄興社	荒川区尾久町 1—1236
山 本 力	窯 業	川崎炉材KK研究所	神戸市灘区五毛通 1—3
石 井 善 正	物 理	品川区北品川 6—351 ソニー株式会社研究所	北多摩郡田無町883
角 谷 卓 爾	冶 金	呉市昭和通 7 丁目 日新製鋼KK呉工場	呉市阿賀町5677
新 谷 隆 一	結 晶 光 弾 性	大阪市北区東野田 大阪大学工学部精密工学教室	神戸市垂水区塩屋町491
打 越 肇	結晶物理	埼玉県大宮市北袋町 三菱原子力工業KK研究所	杉並区下井草町219
菅 沼 良 治	物 理	京都市北区大將軍鷹司町 京都府立医科大学分校	京都市右京区嵯峨北堀町20嵯峨住宅6—1
岩 崎 博	金 属	仙台市片平丁 東北大学金属材料研究所	
重 藤 芳 雄	鉱 物	山形県小国町 東芝電興KK	山形県小国局区内小芦341
山 口 貞 衛	金 属	仙台市片平丁 東北大学金属材料研究所	
小 林 謙 三	強誘電体	新宿区戸塚町 早稲田大学理工学部応用物理教室	千葉県船橋市海神町北1—550
村 山 洋 一	固体物理	新宿区戸塚町 早稲田大学在学中	豊島区千川町2—17
堀 内 繁 雄	金属工学	新宿区戸塚町 早稲田大学鋳物研究所	新宿区富久町54
中 山 忠 行	金属工学	新宿区戸塚町 早稲田大学鋳物研究所	板橋区向原町1312向原住宅C—111

氏 名	専 門	勤 務 先	現 住 所
加 賀 美 敏 郎	鉱 物	品川区二葉町 6—335 東芝電興研究所	品川区中延 3—844
田 中 哲 郎	固体電子工 学	京都市左京区占田本町 京都大学化学研究所	京都市左京区下鴨夜光町 2
大 井 俊 一 郎	X線結晶 解 析	大阪市北区南扇町 大阪市立大学理学部	大阪市阿部野区阪南町中6—6
山 田 昌 <sup>ノボル</sup>	強誘電体	新宿区戸塚町 早稲田大学理工学部応用物理教室	新宿区戸塚1—532 立山館方
山 下 秀 治	物 理	世田谷区深沢町1—899 都立アイソトープ総合研究所	埼玉県狭山市入間川町上諏訪4534
鈴 木 光 郎 <sup>テルオ</sup>	金属鉱床	仙台市片平丁 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室	仙台市大町頭 5
島 津 正 司	地質鉱物	労働省労働衛生研究所	北多摩郡久留米町南沢学園町23
大 塚 良 平	鉱 物	新宿区戸塚町 早稲田大学第一理工学部資源工学科	墨田区緑町2—6

## 結晶学会シンポジウム会告

日 時 11月5日(日)

会 場 大阪大学本部松下会館講堂

討論題目 「結晶における多形現象，相転移および化学反応に関して，とくに結晶構造との関係に主眼をおいた問題」

講演申込み先 東京都文京区本富士町 東大理学部鉱物学教室内 日本結晶学会

講演申込み締切り 9月15日

講演申込み様式

演題，氏名(講演者に○印)所属，講演希望時間，連絡先を明記の上，400字程度のアブストラクトを添付のこと。

内容に応じて，長時間(約20分)の講演としたり，又は，他の講演との関連で数分のコメントにして頂く場合がありますので，この点は係りに御一任下さい。

附 記 11月6日，7日の2日間大阪商工会議所において，人工鉱物討論会(日本化学会，窯業協会共催)があり，本年度はとくに鉱物の生成条件と，格子欠陥，構造不整との関係が，主題としてとり上げられています。また11月6日，7日，8日の3日間は錯塩化学討論会(日本化学会主催)が阪大理学部において開催されます。



# 編集後記

本号の発刊は事情により予定より少し遅れ、申し訳なく思います。綜説『中性子回折の進歩』は著者の御病氣のため次号にまわすこととなりました。

次号は11月発刊で主な内容は次のとおりです。

(綜説) ガラスの構造化学 (高橋健太郎)

中性子回折の進歩 (国富 信彦)

(トピックス) 我国に於ける Computer の現況 (大崎 健次)

硫化物の結晶化学 (森本 信男)

日本結晶学会誌 2号 (第3巻 第2号)

昭和36年7月20日 印刷

昭和36年7月25日 発行

発行所

発行者

印刷所

日本結晶学会

東京都文京区本富士町東京大学理学部鉱物学教室内

振替口座 東京 138977

竹内 慶夫

第一印刷株式会社

東京都新宿区西大久保 1-459

# 島津自記X線分析装置

## G X — 2 A 形

標準形 <60kV<sub>p</sub>・40mA>

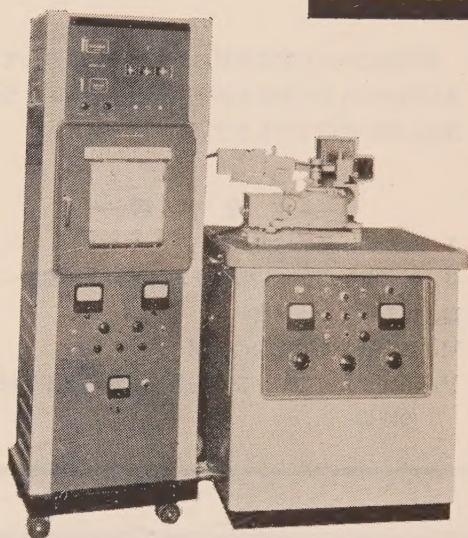
## G X — 2 B 形

強力形 <60kV<sub>p</sub>・60mA>

### 付 属 装 置

- ケイ光X線分析装置
- 試料加熱装置
- 小角散乱X線測定装置
- シンチレーション計数装置
- ガスフロープロポーション計数装置
- 層線測定装置
- 自動記録用モノクロメータ
- 自記精密計数装置
- 各種X線回折カメラ10数種ほか

<詳細カタログ進呈>



Shimadzu

## マイクロホーカス

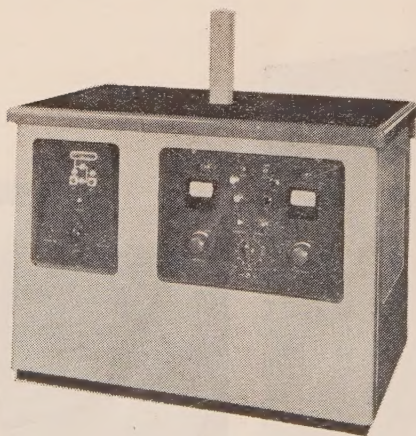
# 島津分析用X線発生装置

## MD X — 2 形

排気式のマイクロホーカスX線管, および普通の開形X線管の両方に使用できます。

マイクロホーカスX線管は, いままでのX線回折法では測定が不可能であった微細な結晶, また物質の介在物だけの結晶構造などが短時間で解析できるほか, 微小な部分にわたっての構造変化を連続的に測定することができます。

おもな仕様	マイクロホーカス X線管の場合	普通の開形 X線管の場合
ホーカス(最小)	10×20μ	10×0.1mm
許容電流	0.5mA	0~40mA
X線放射窓の数	4個	4個
陽極の種類(標準)	Cu, Fe	Cu, Fe
電源容量	50kV DC 400μA	60kV <sub>p</sub> , 40mA
電圧調整範囲	0~50kV DC	0~60kV <sub>p</sub>
電流安定度	± 5%	± 5%



背面反射マイクロカメラその他各種X線カメラあり

# 島津製作所



ソルボンヌ大学教授 アンドレ・ギニエ著

# X線結晶学の理論と実際

高良和武・細谷資明・土井健治・新関暢一 訳

20年間にわたり結晶学界の第一線で活躍されているギニエ教授の労作です。考え方は明快、文章は平易、具体的でつとめて数値をあげるなど初学者にとつて得がたい教科書であるとともに専門家にとつても有益な味わい深い名著であります。

## —主 な 内 容—

- I. X線の一般的性質
- II. 結晶学の基礎と結晶によるX線の回折理論
- III. いろいろな実験法
- VI. X線結晶学的方法の応用
- V. 不完全な結晶および非結晶物質によるX線の回折

B5判 650 ページ

定 価 3,300 円

理学電機図書出版社

東京都千代田区神田台所町 8  
Tel. 東京 (291) 7401 代表



## 結晶解析による研究に !! 自動記録式 X 線回折装置



*Geigerflex*

最近各研究室においてX線回折法の占める比重は非常に大きくなつてまいりましたがわが国でのディフラクトメーターとしてはガイガーフレックスが最も広く使われております。そのほか粉末法カメラ、連続高温カメラ、ラウエカメラ、回転結晶法カメラ、バックカメラ、ワイセンベルクカメラ、積分カメラ、ケンビ法カメラ、マイクロカメラなどのすぐれた各種X線カメラをも製作しております。

理学電機株式会社

本 社 東京都千代田区神田台所町 8 TEL 東京 (291) 7401 (代表)  
関西出張所 大阪市西区土佐堀通 2-8 TEL 大阪 66 3639, 3769



日本結晶学会誌編集委員

委員長	三宅 静雄				
委員	小川 四郎	柿木 二郎	飼沼 芳郎	久保 輝一郎	
	斉藤 喜彦(幹)	高木 佐知夫	竹内 慶夫(幹)	中平 光興	
	橋本 初次郎	吉田 銅	渡辺 得之助(幹)		

